Niveau(x) d'enseignement : 4 — Numéro EDUQ : 9070317
Centre d'intérêt : 874

Simard, Paul-Aimé

Phénomènes chimiques en soudage / Paul-Aimé Simard, Richard Parent. -- [Sherbrooke] : Editions du CRP, [1990?]
2 v. (52, 52 p.) : ill. ; 28 cm. -- (Concepts scientifiques de base)

"Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke" -- Couv.
Dépouillement : v. 1 : La matière -- v. 2 : Les gaz

ISBN 2-920859-32-3

ISBN 2-920859-35-8

Vedette(s)-secondaire(s) : Parent, Richard • Université de Sherbrooke. Faculté d'éducation

Descripteur(s) : Techniques physiques • Chimie • Formation professionnelle • Manuel scolaire • Secondaire (Ordre d'enseignement)

Identificateur(s) de sujet : Soudage

Le manuel a été rédigé à l'intention des élèves en soudage du secondaire professionnel. Il aborde le domaine des phénomènes chimiques et expose des notions qui peuvent aider l'élève à mieux comprendre certains gestes qu'il exécute ou certains phénomènes qui se produisent lorsqu'il soude au gaz. Le manuel, divisé en deux cahiers, traite de la matière (atomes, molécules, réactions chimiques) dans le premier cahier et des gaz (pression, intérieur d'un gaz, lois des gaz, densité, détenteurs) dans le second. Dans le but d'aider l'élève à aborder chacun des thèmes, on met à sa disposition, au début de chaque thème, des fiches d'information qui indiquent les problèmes abordés et les objectifs généraux et spécifiques visés dans le thème. La matière est répartie en modules qui se terminent généralement par une synthèse et une série de questions permettant à l'élève de vérifier au fur et à mesure son degré de compréhension de la matière.

Type de document :
Notice(s) connexe(s) : 8970231, 8770569

# PHÉNOMÈNES CHIMIQUES EN SOUDAGE

1er cahier — La matière

Paul-Aimé Simard
Richard Parent

Éditions du CRP
Faculté d'éducation
Université de Sherbrooke

90-70317 A

# PHÉNOMÈNES CHIMIQUES EN SOUDAGE

## 1er cahier — La matière

*Paul-Aimé Simard,*
Professeur au département de Physique
de la Faculté des sciences de l'Université de Sherbrooke

*Richard Parent,*
Ingénieur en mécanique et chercheur
à l'Université de Sherbrooke

# LA MATIÈRE

- Fiche d'information ..... 4
- Module d'introduction ..... 5
- Module d'acquisition 1 ..... 8
  *Les atomes*
- Module de prolongement 1 ..... 13
  *Les éléments atomiques*
- Module d'acquisition 2 ..... 22
  *Les molécules*
- Module de prolongement 2 ..... 29
  *Molécules en soudage*
- Module d'acquisition 3 ..... 33
  *Les réactions chimiques*
- Fiche de synthèse ..... 38
- Fiche d'évaluation ..... 39
- Module de complément ..... 41
  *Acides et bases*
- Module d'exercices ..... 49

*Collaborateurs* : Hélène Hensler et Michel Aubé,
professeurs au département de Pédagogie
de la Faculté d'éducation de l'Université de Sherbrooke

*Révision linguistique* : Gérard-Raymond Roy

*Typographie, montage et illustrations* :
Ateliers de typographie Collette Inc.
de Sherbrooke

*Collection* : Concepts scientifiques de base

*Série* : Phénomènes chimiques en soudage

Ce matériel didactique a été réalisé
grâce à une subvention accordée par
le ministère de l'Enseignement supérieur
et de la Science du Québec au
programme « Recherche-développement pour
les formateurs » de l'Université de Sherbrooke

**ISBN 2-920859-32-3**

© Éditions du Centre de ressources pédagogiques
Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke
(Québec) J1K 2R1

Dépôt légal : 2e trimestre 1990
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation
réservés pour tous les pays

# LA MATIÈRE

- Fiche d'information ..... 4
- Module d'introduction ..... 5
- Module d'acquisition 1 ..... 8
  *Les atomes*
- Module de prolongement 1 ..... 13
  *Les éléments atomiques*
- Module d'acquisition 2 ..... 22
  *Les molécules*
- Module de prolongement 2 ..... 29
  *Molécules en soudage*
- Module d'acquisition 3 ..... 33
  *Les réactions chimiques*
- Fiche de synthèse ..... 38
- Fiche d'évaluation ..... 39
- Module de complément ..... 41
  *Acides et bases*
- Module d'exercices ..... 49

## *FICHE D'INFORMATION*

*Problèmes abordés*

Ce premier cahier, qui traite de la matière, pourra te sembler abstrait. Néanmoins, il représente une partie importante de ton étude, car la matière cache des phénomènes qui sont à la base de nombreuses expériences vécues dans ton métier. Tu t'es peut-être même déjà posé des questions au sujet de la matière. Voici à titre d'exemples deux de ces questions auxquelles la lecture de ce cahier te fournira des réponses.

**De quoi la matière est-elle constituée? Bien sûr, la plaque de métal que tu soudes est faite de fer, de cuivre, etc. De la même manière, les gaz avec lesquels tu travailles sont faits d'acétylène, d'oxygène, etc. Mais de quoi sont composés le fer, le cuivre, l'acétylène?**

**Il existe dans la nature un très grand nombre de substances différentes. Et ces substances se retrouvent sous plusieurs formes. Par exemple, l'acétylène et le propane sont tous deux composés de carbone et d'hydrogène et l'acier contient également du carbone. Comment expliquer cette grande diversité?**

*Objectifs visés*

**OBJECTIF GÉNÉRAL**

Identifier la plus petite partie de la matière, l'atome, les regroupements qu'il occasionne et visualiser son importance dans une réaction chimique.

**OBJECTIFS SPÉCIFIQUES**

- Reconnaître le fait que les atomes se retrouvent partout.
- Connaître la différence entre éléments et composés.
- Se familiariser avec le tableau périodique des éléments.
- Identifier ce qu'est une molécule.
- Se familiariser avec quelques molécules simples dont les hydrocarbures.
- Visualiser la notion de lien chimique.
- Énumérer les différents gaz utilisés en soudage.
- Identifier quelques réactions chimiques propres au soudage.
- Reconnaître les conséquences d'une réaction chimique.
- Reconnaître les implications du nettoyage d'une pièce à souder.
- Définir la notion de pH.
- Distinguer les termes « acide », « base » et « sel ».

# *MODULE D'INTRODUCTION*

*Des idées qui changent!*

Chaque jour, tu manipules de nombreux objets fabriqués à partir de substances diverses, tels le bois, le fer, le plastique, etc. Tu connais aussi d'autres substances comme l'eau, le sucre, le sel et l'huile. D'une façon générale, on dit que toutes les choses qui nous entourent sont formées de **matière**. Derrière ce mot très général se cache toutefois notre ignorance. Qu'est-ce qui compose la matière? Tu t'es certainement déjà posé cette question sans trouver toutes les réponses que tu désirais.

Dis-toi bien cependant que les gens se posent de telles questions depuis très longtemps et qu'ils imaginent des réponses de toutes sortes. À titre d'exemple, reportons-nous aux temps très anciens, il y a environ 2500 ans, moment où un certain philosophe, Empédocle, s'exprimait en ces mots.

> **Dans l'univers se trouvent quatre éléments impérissables: la terre, l'eau, le feu et l'air. Ces éléments subsistent dans deux milieux ambiants qui sont l'amour et la haine. L'amour a pour effet de réunir des éléments que leurs affinités naturelles ne poussent pas à s'unir. La haine sépare les corps qui sont portés à s'associer. Tout cela suffit à expliquer les variations et la diversité des phénomènes qui se produisent dans l'environnement.**

Il est évident que de telles idées ont été abandonnées. Des savants ont découvert depuis ce temps que la matière est composée de particules appelées atomes. Ces particules se combinent pour former les substances qui servent à fabriquer tous les objets qui t'entourent.

*Des atomes ... partout!*

Grâce à des techniques bien spéciales, les savants peuvent observer la structure de la matière. Il en ressort une constatation assez étonnante. **C'est qu'il y a des atomes partout!**

Peu importe l'apparence physique extérieure de la matière, il y a effectivement des atomes qui pullulent dans la structure interne de cette matière. Considère par exemple les divers matériaux suivants. Pense à des matières solides comme le bois de ta table de travail, le fer de ta bonbonne de gaz ou le caoutchouc de tes gants de soudeur. On retrouve des atomes qui structurent la matière de tous ces objets. Pense ensuite à des matières liquides comme l'eau du robinet, un décapant quelconque de l'atelier ou un matériau devenu liquide après fusion. On y observe encore des atomes qui forment ces différents liquides. Enfin, prends comme dernier exemple les matières gazeuses de tes bonbonnes de gaz ou l'air qui t'entoure. On peut toujours retrouver ces mystérieux atomes. Il y a même des atomes ailleurs que sur la Terre. Le soleil, les étoiles et les planètes sont constitués d'atomes.

***Figure 1: Peut-on voir les atomes?***

*Des atomes ... invisibles!*

Une question peut immédiatement te venir à l'esprit. Tout d'abord, comme l'exprime la figure précédente, s'il y a des atomes partout, comment se fait-il que je ne les vois pas? Effectivement, ces particules sont invisibles pour l'oeil humain. Elles sont trop minuscules. Même un microscope ne peut nous les montrer. C'est par un procédé technique très complexe que les savants ont pu découvrir leur existence. Ainsi, tu dois t'imaginer capable de faire un voyage d'observation dans les objets qui t'entourent en diminuant ta grandeur de plusieurs milliers de fois!

***Figure 2: À la découverte des atomes!***

*Des matériaux, substances et produits de toutes sortes!*

Une deuxième question peut également t'être venue à l'esprit. S'il y a des atomes partout, comment se fait-il que tant de matériaux, de substances et de produits existent sur la terre? En effet, tu peux facilement observer autour de toi des matériaux qui diffèrent tant par leur couleur que par leur texture. Tu peux également voir que les liquides possèdent différentes propriétés, comme leur consistance ou leur goût. Enfin, tu peux manipuler des gaz utiles (comme l'air pour la respiration ou l'oxygène pour le soudage), mais tu peux également être en danger devant le monoxyde de carbone provenant par exemple du tuyau d'échappement d'une voiture.

La réponse à cette question n'est pas aussi difficile qu'elle pourrait en donner l'impression. C'est que les **atomes** se combinent de diverses façons pour produire des groupements appelés **molécules**. Comme il existe plusieurs sortes d'atomes et que les liens existant dans les molécules peuvent varier, les conséquences engendrées peuvent être multiples.

Par exemple, lorsque tu utilises ton poste de soudage à la flamme oxyacétylénique, tu fais réagir ensemble deux gaz. Tu produis une combustion de l'acétylène à l'aide de l'oxygène. Les molécules d'acétylène se font « démolir » par l'oxygène. Ceci a pour conséquence de produire la flamme nécessaire au soudage ainsi que la grande quantité de chaleur nécessaire à la fusion.

De façon à mieux comprendre la nature de la matière qui t'entoure ainsi que son comportement, nous t'invitons à lire les modules qui suivent. De façon générale, ce premier cahier porte sur la **structure interne** de la matière.

## SAVAIS-TU QUE...

IL EXISTE UNE GRANDE VARIÉTÉ DE MÉLANGES HOMOGÈNES QUI PEUVENT ÊTRE CLASSÉS SELON L'ÉTAT PHYSIQUE DES CONSTITUANTS. LE TABLEAU SUIVANT DONNE DES EXEMPLES CONCRETS QUI FONT PARTIE DE TON ENVIRONNEMENT.

| ÉTAT | GAZ | LIQUIDE | SOLIDE |
|---|---|---|---|
| **GAZ** | AIR (oxygène et azote) | EAU (chlore dans l'eau) | MÉTAL (hydrogène dans du fer) |
| **LIQUIDE** | NUAGE (eau et air) | EAU (alcool dans l'eau) | MÉTAL (mercure dans de l'argent) |
| **SOLIDE** | AÉROSOL (substances solides et gazeuses) | EAU (sucre dans l'eau) | ACIER (fer et carbone) |

## *MODULE D'ACQUISITION 1*

# LES ATOMES

*La plus petite partie de la matière*

Dans ta lecture du module d'introduction, tu as eu l'occasion d'apprendre le nom des particules qui forment la matière. Ce sont les ATOMES. Les chimistes surnomment parfois l'atome **la plus petite partie de la matière**. Essayons de comprendre pourquoi ils utilisent cette expression.

Un bloc de matériau, peu importe lequel, peut se décomposer en morceaux de plus en plus petits, que ce soit par action mécanique ou chimique. Cependant, le procédé ne peut se faire de façon indéfinie. Lorsqu'on atteint la limite, c'est-à-dire la plus petite partie possible de la matière, on se retrouve au niveau des atomes. Lorsque tu déchires une feuille de papier en deux, puis en quatre, ensuite en huit, etc., tu arrives à un point où tu n'es plus capable de poursuivre ton opération. Eh bien, c'est la même chose au sujet de la matière, sauf que le phénomène apparaît à une échelle beaucoup plus petite.

***Figure 3: Subdivision de la matière***

*Une façon de mieux voir les choses!*

Nous t'avons déjà dit que les atomes ne sont pas visibles pour l'oeil humain. Ces particules sont extrêmement petites. Afin de te donner une idée de leur dimension, lis bien ce qui suit. Des scientifiques ont découvert que plus de 100 millions d'atomes alignés les uns derrière les autres ne forment qu'une chaîne d'un centimètre (1 cm) de longueur.

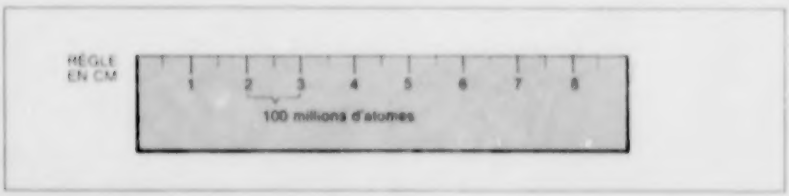



***Figure 4: Dimension des atomes***

C'est la raison pour laquelle on ne peut voir les atomes de nos propres yeux. Ils sont trop minuscules. Cependant, il est facile de comprendre que plus on s'approche d'une chose, mieux on la voit. Le survol de nuit d'une ville à bord d'un avion ne laisse percevoir que des lignes floues et des points lumineux. Tu sais très bien cependant que des personnes peuvent habiter les immeubles formés par les lignes floues. Tu peux également imaginer des mouches voler autour des globes lumineux surtout par temps humide. Tout cela est invisible de loin!

C'est pourquoi nous t'avons demandé dans le module d'introduction une chose spéciale: pouvoir diminuer, en pensée, ta grandeur pour ainsi faire un voyage dans un petit bloc de matière et te rapprocher des particules qui forment cette matière.

*Regarde le château d'un peu plus près!*

Afin de mieux comprendre de quoi il s'agit, examine la comparaison suivante. Elle constitue un exemple similaire au cas de l'observation de la ville à bord d'un avion.

Pense à une personne qui observe un château de sable sur une plage et qui décide de s'en approcher pour l'examiner de plus près. Fais ensuite le rapprochement avec l'observation d'un bloc de matériau quelconque.

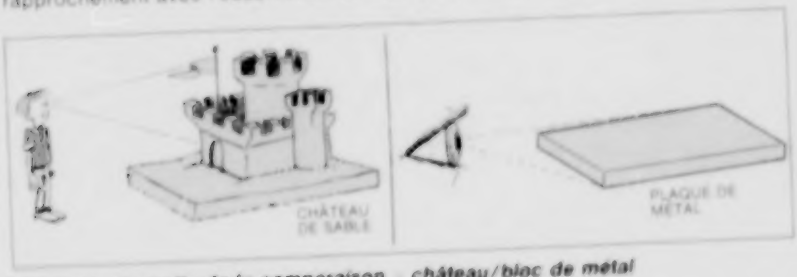



***Figure 5: 1re partie de la comparaison - château/bloc de métal***

Le château paraît solide, d'un seul bloc.

Un bloc de matériau est solide, formé d'un seul bloc.

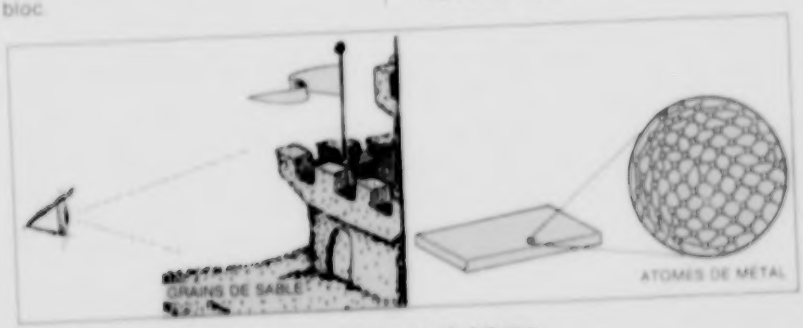



***Figure 6: 2e partie de la comparaison - grain/atome***

Cependant, ce château est formé de milliers de grains de sable collés les uns aux autres.

Pareillement, un seul petit point de ce bloc de matériau comprend des millions d'atomes tous liés les uns aux autres.

*La structure d'un atome*

« Atome » vient du mot grec *atomos* qui signifie « indivisible ». Ce mot fut utilisé par Démocrite des 400 avant J.C. pour décrire les unités de base dont la matière est constituée. Cependant, l'évolution de la compréhension de la structure de la matière n'allait pas s'arrêter là. Les scientifiques firent la découverte d'un autre genre de particule à l'intérieur même des atomes. Si la matière pouvait se subdiviser en atomes, ces derniers pouvaient également se subdiviser en d'autres particules. En effet, on constata que l'atome contient un **noyau** autour duquel gravitent des particules appelées **électrons**. Depuis ce temps, l'expression qualifiant l'atome de « plus petite partie de la matière » a été abandonnée, mais le mot atome a été conservé.

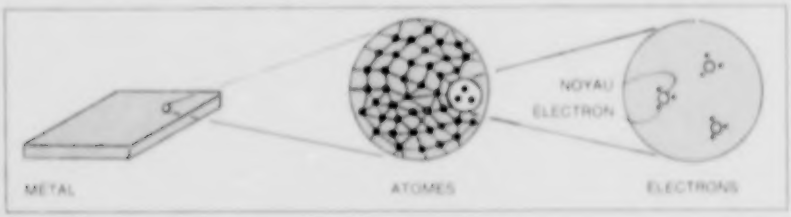


***Figure 7*: Structure de la matière et des atomes**

La connaissance de l'existence de l'électron t'a déjà servi dans ton étude de l'électricité. La collection « Phénomènes électriques en soudage » a présenté cette notion pour expliquer la vraie nature d'un courant électrique (cahier 5).

Tu es maintenant en droit de te poser une question importante. Qu'est-ce qui différencie un atome d'un autre? Par exemple, un atome d'hydrogène (composant de l'acétylène) est-il structuré de la même façon qu'un atome d'oxygène (composant de l'air)? La réponse est non. Évidemment, chaque atome présente un noyau autour duquel circulent les électrons. Cependant, il y a une différence. On a découvert que chaque type d'atome présentait une structure particulière. Cette différence vient du fait que chaque atome possède un nombre défini d'électrons gravitant autour du noyau. De plus, les distances reliant les orbites au noyau sont variables d'un atome à l'autre.

L'exemple de l'hydrogène et de l'oxygène offre les différences suivantes. Tout d'abord, l'atome d'hydrogène ne contient qu'un seul électron en orbite autour du noyau. L'atome d'oxygène, quant à lui, est formé de 8 électrons voyageant sur des orbites différentes autour du noyau. Les électrons se déplacent tellement rapidement autour de ce noyau qu'on a l'impression qu'il est recouvert d'un nuage.

***Les atomes : de petits systèmes planétaires***

Dans le but de faire visualiser la structure de l'atome, on utilise fréquemment la comparaison du système solaire. Tu sais que ce dernier est formé par un soleil autour duquel gravitent des planètes. Utilisons cette comparaison pour illustrer nos deux exemples précédents, soit l'atome d'hydrogène et celui d'oxygène.

Dans un premier temps, comparons le système solaire à l'atome d'hydrogène en considérant le soleil et une seule planète, disons la Terre.

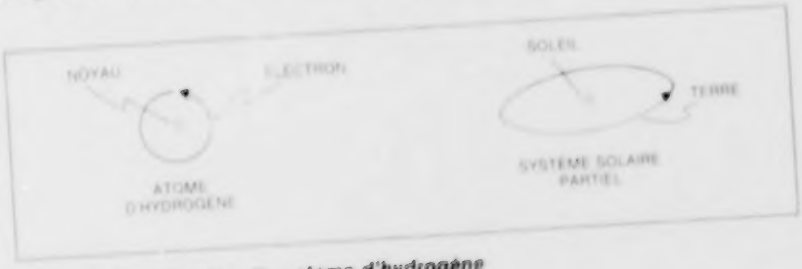



***Figure 8 : Visualisation d'un atome d'hydrogène***

Dans un second temps, comparons le système solaire à un atome d'oxygène en considérant cette fois le soleil accompagné de 8 des 9 planètes connues.

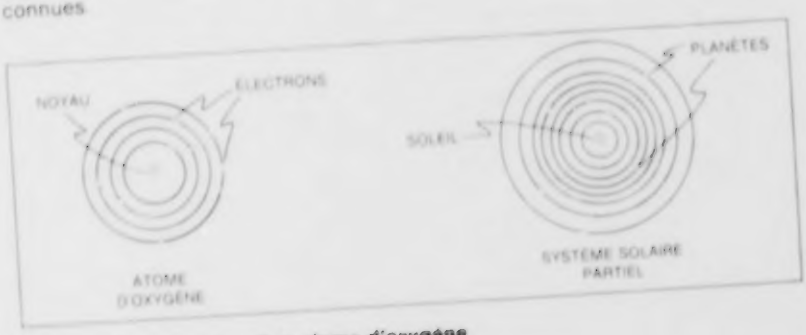



***Figure 9 : Visualisation d'un atome d'oxygène***

Comme tu peux le constater, le rapprochement est évident. Le système solaire permet d'illustrer la structure d'un atome. Ce rapprochement n'est pas seulement valable pour l'aspect visuel de ce qui est présenté dans les figures 8 et 9.

En effet, la comparaison du système solaire s'avère pertinente selon d'autres aspects. Reprenons l'exemple de l'atome d'hydrogène pour expliquer ces aspects. Examinons la partie gauche de la figure 8 puis la partie droite. Premièrement, on constate, dans les deux cas, qu'il y a rotation d'une petite sphère autour d'une plus grosse. Deuxièmement, la force gravitationnelle, existant entre la Terre et le soleil, se compare à une force présente dans l'atome. C'est la force électrique. Nous n'élaborerons pas sur ce dernier point, car il se rapporte plus à l'étude des phénomènes électriques que chimiques.

Tu constates ainsi que la structure de l'atome est comparable à un système de planètes en orbite autour d'un soleil. Arrêtons ici notre étude de l'intérieur de l'atome pour nous attarder aux types d'atomes qui l'entourent.

*Les types d'atomes*

Tu viens d'apprendre qu'un bloc de matériau est constitué d'atomes. Tu sais cependant qu'il existe une multitude de matériaux. Les caractéristiques associées à ces matériaux sont très diversifiées. Il y a des matériaux d'apparence plus ou moins solide et de couleur plus ou moins foncée (caractéristiques visibles). Il y a des matériaux qui entrent en fusion plus ou moins rapidement et qui conduisent l'électricité plus ou moins bien (caractéristiques invisibles).

Tous ces matériaux sont fabriqués à partir d'éléments de base qu'on retrouve dans la nature et qu'on peut traiter dans les industries. Par exemple, l'extraction du minerai dans une mine de nickel permet d'obtenir, après traitement, de grandes quantités de nickel. C'est un élément de base qui entre dans la fabrication d'objets divers et confère à ces objets des propriétés spécifiques. Il est utilisé entre autres dans la fabrication des alliages monel et nichrome qu'il t'arrive parfois de souder.

Cependant, un alliage populaire comme l'acier, qu'il t'arrive fréquemment de souder, est composé de fer et de carbone. Une plaque de ce type sera donc structurée d'atomes de fer et d'atomes de carbone, deux éléments de base disponibles dans la nature et qui sont alors combinés par un procédé chimique.

*Les éléments de base*

Il existe d'autres éléments de base servant à fabriquer tous les matériaux que tu connais. De façon à mieux reconnaître ces divers éléments, des scientifiques les ont regroupés dans un tableau qu'on appelle **TABLEAU PÉRIODIQUE**. Il permet de voir d'un seul coup d'oeil tous les éléments mis à la disposition de l'homme.

Le prochain module te présente une bonne partie des éléments de ce tableau périodique. Ce sont ceux que tu as le plus de chance de connaître actuellement ou de rencontrer un jour dans ton travail. Avant d'y arriver, tu peux effectuer un bonne révision de ce module en tentant de répondre à la question suivante.

■ À quelle fin peut-on utiliser, tour à tour, la comparaison du château de sable et celle du système planétaire, de façon à mieux comprendre l'atome? En d'autres mots, donne l'utilité de chacune de ces deux comparaisons.

## *MODULE DE PROLONGEMENT 1*

# LES ÉLÉMENTS ATOMIQUES

*Les types d'atomes*

Tu viens de constater, grâce au module d'acquisition 1, que les atomes constituant les matériaux peuvent être très diversifiés. Ainsi, une plaque de cuivre est structurée d'atomes de cuivre tandis qu'une plaque de fer est structurée d'atomes de fer. Les atomes de cuivre sont semblables entre eux tout comme les atomes de fer sont semblables entre eux. Cependant, il y a une différence entre les atomes de cuivre et les atomes de fer. C'est pourquoi les deux matériaux ont des caractéristiques différentes. Par exemple, le cuivre conduit la chaleur et entre en fusion plus rapidement que le fer.

Il existe également des matériaux ou produits qui contiennent **plus d'un type d'atome**. Une plaque d'acier est formée de deux composants, soit le fer et le carbone. Tu devines donc que des atomes de fer et des atomes de carbone structurent une telle plaque. Pareillement, l'acétylène employé en soudage ($C_2H_2$) est un gaz dont les particules sont formées de carbone et d'hydrogène et le sel de cuisine (NaCl) résulte de la réunion du sodium et du chlore. Autant d'exemples prouvant qu'une diversité d'atomes peut structurer un solide, un liquide ou un gaz.

***Figure 10 : Constituants de l'acétylène et du sel de cuisine***

*Les types d'éléments*

Tu sais maintenant qu'un matériau ou un produit quelconque peut être composé d'un ou de plusieurs types d'atomes. Ces composants de base prennent le nom d'**ÉLÉMENTS DE BASE**.

**Un élément est un corps simple, indécomposable, tels l'or, l'argent et le fer.**

L'acier n'est pas un élément de base puisqu'on peut en extraire du fer et du carbone. Le fer et le carbone étant ensuite indécomposables, ils peuvent être qualifiés d'éléments de base tout comme les deux autres métaux mentionnés dans la définition, soit l'or et l'argent. Le sel, composé de sodium et de chlore, n'est donc pas un élément, car il peut être séparé en ses deux composants qui, eux, sont des éléments.

Toutes ces notions étant un peu abstraites, faisons ensemble une comparaison. Imagine une foule de gens dans un endroit quelconque. Vue de loin, cette foule ressemble à un bloc uniforme. Tu sais cependant que, parmi ces gens, il y a des hommes et des femmes. Nous pensons donc à cette foule comme formée de deux éléments, l'élément masculin et l'élément féminin, chacun étant constitué d'individus.

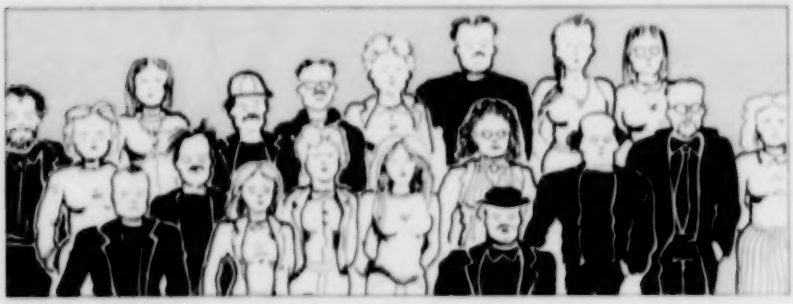


***Figure 11: Foule de gens***

Ainsi le mot « indécomposable » de notre définition de l'élément prend dans la comparaison le sens suivant. Il est possible de décomposer la foule en deux groupes, les hommes et les femmes, tout comme il est possible de décomposer une plaque d'acier en ses deux constituants principaux, soit le fer et le carbone. Chaque groupe est indécomposable puisqu'il est formé d'individus identiques (pour ce qui est de leur sexe). Ces individus constituent la plus petite partie de chacun des deux éléments de la foule. Dans la matière, tous les atomes de fer sont semblables et constituent la plus petite partie de l'élément « fer » contenu dans l'acier. Il en est de même pour le carbone.

En résumé, la matière, que tu peux observer tout autour de toi, est composée d'éléments, une centaine environ, qui se retrouvent sur la terre dans des proportions très variables.

**Un atome représente donc la plus petite partie d'un élément, comme les individus de la foule. On sait de plus que tous les atomes d'un même élément sont identiques. De là, il ressort que le nombre d'atomes différents est le même que le nombre total d'éléments.**

Un grand nombre de ces éléments sont peu utilisés. Ceux que tu rencontreras, tout au long de ta carrière de soudeur sont en nombre limité. Discutons-en brièvement.

### *Les ÉLÉMENTS chimiques en soudage*

Bien que tu t'intéresses, en tant que soudeur, surtout à l'acier, tu utilises en réalité une certaine variété d'ÉLÉMENTS de base. Si l'acier est principalement composé de fer et de carbone, il arrive que divers éléments autres que ceux-ci se retrouvent en faible proportion, dans des aciers spéciaux, par exemple, ou dans des gaz de soudage.

Le tableau 1 te montre quatorze éléments qui sont fréquemment utilisés dans des travaux de soudage. Tu dois sûrement en avoir entendu parler ou avoir noté leur nom sur une pièce d'équipement. Examine bien tout ce qui est détaillé dans les cinq colonnes.

Dans ce tableau, la première colonne donne le **numéro atomique** de l'élément. Les scientifiques ont démontré que ce numéro correspond au nombre de particules appelées **protons** en présence dans le noyau de l'atome. Ces notions ne font pas partie de ton étude pour l'instant. Les deuxième et troisième colonnes présentent le **nom** et le **symbole** de l'élément. La quatrième colonne donne la **masse atomique**, c'est-à-dire la masse d'un atome de l'élément relativement à 1/16 de la masse d'un atome d'oxygène.

Deux tableaux supplémentaires te sont offerts dans les pages qui suivent. Le premier donne une série d'éléments entrant en faible proportion dans certains aciers à souder (tableau 2). Le dernier tableau te renseigne sur divers éléments dont nous entendons parler à la télévision ou que nous utilisons dans des applications concrètes dans la vie de tous les jours. Prends note finalement que ces trois tableaux ne contiennent que les éléments les plus importants ou les plus connus.

## SAVAIS-TU QUE...

LE CHIMISTE NEWLAND FUT LE PREMIER À TENTER D'ORGANISER UNE CLASSIFICATION DES ÉLÉMENTS. C'ÉTAIT EN 1865. CETTE CLASSIFICATION SAVÉRA INCOMPLÈTE. C'EST AU CHIMISTE RUSSE DIMITRI MENDELEEV QUE L'ON DOIT LA PREMIÈRE CLASSIFICATION SYSTÉMATIQUE DES ÉLÉMENTS EN 1869. IL CLASSA LES ÉLÉMENTS LES UNS À LA SUITE DES AUTRES SUIVANT LEUR MASSE ATOMIQUE CROISSANTE. LE TABLEAU PÉRIODIQUE COMPLET DES ÉLÉMENTS, PRÉSENTÉ À LA PAGE 21, VIENT CONFIRMER CETTE GRADATION CROISSANTE.

| NUMÉRO ATOMIQUE | NOM | SYMBOLE | MASSE | UTILISATION |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Hydrogène | H | 1,01 | Gaz de soudage, élément des hydrocarbures |
| 2 | Hélium | He | 4,00 | Gaz de protection, gaz de support pour torche à plasma |
| 6 | Carbone | C | 12,01 | Composant des aciers, élément des hydrocarbures |
| 7 | Azote | N | 14,01 | Constituant majeur de l'air |
| 8 | Oxygène | O | 16,00 | Gaz pour combustion et oxycoupage |
| 13 | Aluminium | Al | 26,98 | Matériau utilisé pour pièces mécaniques et fils électriques sur longue distance |
| 18 | Argon | Ar | 39,95 | Gaz de protection, gaz de support pour torche à plasma |
| 26 | Fer | Fe | 55,85 | Composante principale des aciers |
| 28 | Nickel | Ni | 58,71 | Alliages populaires (monel, nichrome, invar) |
| 29 | Cuivre | Cu | 63,54 | Alliages de laiton et de bronze, conducteurs électriques, tôles pour toitures |
| 30 | Zinc | Zn | 65,37 | Galvanisation du fer, fabrication de la peinture (oxyde de zinc) |
| 47 | Argent | Ag | 107,87 | Utilisé en brasage, bijouterie, prothèses dentaires |
| 50 | Étain | Sn | 118,69 | Utilisé en brasage, composant des fusibles, procédé de bronzage des métaux |
| 82 | Plomb | Pb | 207,19 | Utilisé en brasage, plaques d'accumulateurs, réservoirs, conduites d'eau |

***TABLEAU 1: Éléments fréquemment utilisés dans les opérations de soudage***

| NUMÉRO ATOMIQUE | NOM | SYMBOLE | MASSE | UTILISATION |
|---|---|---|---|---|
| 12 | Magnésium | Mg | 24,31 | Industrie: isolant thermique. médecine: sulfate de magnésium (purgatif) et lait de magnésie (digestif), photographie, pyrotechnie |
| 14 | Silicium | Si | 28,09 | Aciers au silicium: libère la surface du métal en fusion de l'oxygène, composantes électroniques |
| 15 | Phosphore | P | 30,97 | Aciers au phosphore: augmente la fluidité, tend à éliminer les porosités, amoindrit le retrait, peut augmenter la fragilité |
| 16 | Soufre | S | 32,06 | Aciers au soufre: usinable facilement, peut cependant produire des soudures poreuses et fragiles |
| 23 | Vanadium | V | 50,94 | Aciers au vanadium: essieux d'automobiles, châssis de locomotives, ressorts |
| 24 | Chrome | Cr | 52,00 | Chromage de l'acier: acier inoxydable, teinture, pigment, organes d'appareils résistants |
| 25 | Manganèse | Mn | 54,94 | Aciers au manganèse: mâchoires de concasseurs, aiguilles de chemin de fer, portes coffres-forts, très dur et très résistant |
| 27 | Cobalt | Co | 58,93 | Constitutif des aciers à coupe rapide, impression billets banque, encre et coloration |
| 42 | Molybdène | Mo | 95,94 | Constitutif des aciers spéciaux pour fabrication plaques blindage, aimants, chaudières, lampes électriques et de radio |
| 74 | Tungstène | W | 183,85 | Filaments d'ampoule électrique, outils à coupe rapide |

***TABLEAU 2: 10 éléments qui entrent en faible proportion dans certains alliages.***

| NUMÉRO ATOMIQUE | NOM | SYMBOLE | MASSE | UTILISATION |
|---|---|---|---|---|
| 9 | Fluor | F | 19,00 | Protection contre la carie dentaire |
| 10 | Néon | Ne | 20,18 | Gaz d'allumage des enseignes lumineuses |
| 11 | Sodium | Na | 22,99 | Se trouve dans le sel de cuisine |
| 17 | Chlore | Cl | 35,45 | Se trouve dans le sel de cuisine, purificateur pour piscines |
| 20 | Calcium | Ca | 40,08 | Se trouve dans le sel servant au déglaçage des routes en hiver |
| 32 | Germanium | Ge | 72,59 | Industrie de l'électronique |
| 39 | Yttrium | Y | 88,91 | Nouvelle technologie des supraconducteurs |
| 55 | Césium | Cs | 132,91 | Principal déchet des réacteurs nucléaires |
| 80 | Mercure | Hg | 200,59 | Nombreuses fonctions en électricité, thermomètre |
| 92 | Uranium | U | 238,03 | Combustible pour les réacteurs nucléaires |

***TABLEAU 3: 10 éléments utilisés dans des applications diversifiées***

### *Le tableau périodique*

Il existe une classification établie par les scientifiques qui permet de voir tous les éléments de base existant sur la terre. On appelle cette classification le **TABLEAU PÉRIODIQUE**. Ces éléments de base sont les « **ingrédients** » qui entrent dans la composition de tout ce qui existe dans ton environnement. Et cela est vrai pour les matériaux solides, les matières liquides et les produits gazeux. Ce tableau t'est présenté à titre de référence à la fin du module.

Tu constateras que les trois tableaux précédents rassemblent une bonne partie des éléments contenus dans le tableau périodique. Regardons maintenant deux substances bien connues qui sont composées de plusieurs éléments de base présentés dans ces tableaux.

### *Des exemples!*

Tu connais bien ces deux composés que nous te présentons à l'instant. Cependant, sais-tu avec quels éléments de base ils sont formés? Regarde bien le nom de ces éléments et leurs symboles dans les tableaux précédents.

**L'air** que tu respires est surtout formé d'oxygène et d'azote. Cela signifie que des atomes d'oxygène et d'azote sont en présence dans l'espace qui t'entoure.

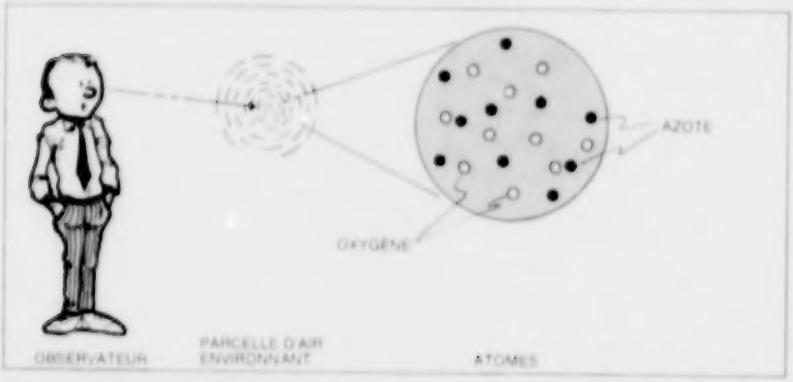



***Figure 12 : Principaux constituants de l'air***

| NOM | COMPOSANT | SYMBOLE | NO |
|---|---|---|---|
| AIR | Oxygène<br>Azote | O<br>N | 8<br>7 |

**L'eau** que tu bois à la fontaine est surtout composée d'oxygène et d'hydrogène. Cela signifie que des atomes d'oxygène et d'hydrogène sont en présence dans ce liquide.

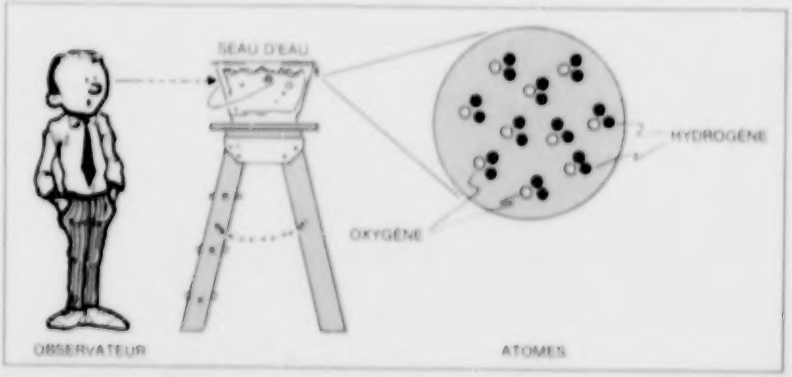



***Figure 13 : Principaux constituants de l'eau***

| NOM | COMPOSANT | SYMBOLE | NO |
|---|---|---|---|
| EAU | Oxygène<br>Hydrogène | O<br>H | 8<br>1 |

L'oxygène, l'hydrogène et l'azote sont donc trois exemples d'éléments de base. Ils font partie des éléments du tableau périodique.

Chacun des éléments possède son symbole qui provient, de façon générale, de la ou des premières lettres de son nom. Ces symboles servent à écrire les formules chimiques de tous les produits connus. Par exemple, le symbole chimique de l'acétylène est $C_2H_2$, celui de l'eau $H_2O$ et celui du sel NaCl. Tu auras l'occasion, dans un prochain module, d'apprendre la signification des petits chiffres accompagnant ces formules.

Chaque élément du tableau périodique est présenté dans une case numérotée qui rend plus facile la classification et la recherche. Par exemple, le sel (NaCl) est formé de sodium (Na : case 11) et de chlore (Cl : case 17). L'acier est formé de fer (Fe : case 26) et de carbone (C : case 6).

■ Indique le nom et le numéro de case des éléments qui composent les substances suivantes :

Vinaigre ($CH_3COOH$) :

Sucre ($C_{12}H_{22}O_{11}$) :

*Les regroupements d'atomes*

Dans certains produits ou matériaux, il se crée des regroupements d'atomes. Ce phénomène aide à comprendre l'existence des petits chiffres dans les formules comme le 2 dans $H_2O$ ou dans $C_2H_2$. Le prochain module approfondit ce sujet.

SAVAIS-TU QUE...

LES CINQ ÉLÉMENTS LES PLUS ABONDANTS DANS LA CROÛTE TERRESTRE SOLIDE (JUSQU'À UNE PROFONDEUR DE 50 KM) SONT LES SUIVANTS :

ON RETROUVE L'OXYGÈNE (O) À 47 %, LE SILICIUM (Si) À 28 %, L'ALUMINIUM (Al) À 8 %, LE FER (Fe) À 5 % ET LE CALCIUM (Ca) À 4 %. D'AUTRES ÉLÉMENTS COMME LE SODIUM (Na), LE POTASSIUM (K) ET LE MAGNÉSIUM (Mg) FORMENT LE RESTE DE CETTE PARTIE DE LA CROÛTE TERRESTRE.

## TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

| I A | II A | | | | | | | | | | III A | IV A | V A | VI A | VII A | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H | | | | | | | | | | | | | | | | He |
| 3 Li | 4 Be | | | | | | | | | | 5 B | 6 C | 7 N | 8 O | 9 F | 10 Ne |
| 11 Na | 12 Mg | III B | IV B | V B | VI B | VII B | VIII | | | I B | II B | 13 Al | 14 Si | 15 P | 16 S | 17 Cl | 18 Ar |
| 19 K | 20 Ca | 21 Sc | 22 Ti | 23 V | 24 Cr | 25 Mn | 26 Fe | 27 Co | 28 Ni | 29 Cu | 30 Zn | 31 Ga | 32 Ge | 33 As | 34 Se | 35 Br | 36 Kr |
| 37 Rb | 38 Sr | 39 Y | 40 Zr | 41 Nb | 42 Mo | 43 Tc | 44 Ru | 45 Rh | 46 Pd | 47 Ag | 48 Cd | 49 In | 50 Sn | 51 Sb | 52 Te | 53 I | 54 Xe |
| 55 Cs | 56 Ba | 57 La | 72 Hf | 73 Ta | 74 W | 75 Re | 76 Os | 77 Ir | 78 Pt | 79 Au | 80 Hg | 81 Tl | 82 Pb | 83 Bi | 84 Po | 85 At | 86 Rn |
| 87 Fr | 88 Ra | 89 Ac | 90 Th | 91 Pa | 92 U | | | | | | | | | | | | |

■ ÉLÉMENTS DU TABLEAU 1 □ ÉLÉMENTS DU TABLEAU 2 □ ÉLÉMENTS DU TABLEAU 3

## *MODULE D'ACQUISITION 2*

# LES MOLÉCULES

*Des éléments et des atomes!*

Le module précédent t'a appris que toute la matière composant l'univers est formée d'éléments de base. Ils sont environ une centaine, tel que le représente le tableau périodique. Un bloc de matière que tu choisis au hasard autour de toi comprend généralement plusieurs éléments. Il est possible cependant de se procurer des morceaux de matière composés d'un seul élément. C'est le cas par exemple d'un bloc de cuivre. Le plus petit morceau de cuivre représente l'atome de cuivre. Imagine cet atome comme une très petite bille de grosseur et de masse bien déterminées. Un grand nombre de ces billes collées les unes contre les autres peut former un bloc de matière, ici un bloc de cuivre.

Ce qui est vrai pour le cuivre l'est généralement pour tous les autres éléments. Comme il existe environ une centaine d'éléments de base, il y a donc une centaine d'atomes différents et pas plus!

*Des atomes actifs*

Cependant, ces atomes ne sont pas inertes comme les billes décrites ci-haut. Ils peuvent être actifs et provoquer eux-mêmes une association forte entre eux. On parle alors de regroupements d'atomes. Ils peuvent s'associer (contrairement aux billes), car ils possèdent ce qu'on pourrait appeler des «mains». Le regroupement devient possible entre différents atomes comme des poignées de main peuvent le faire entre des gens.

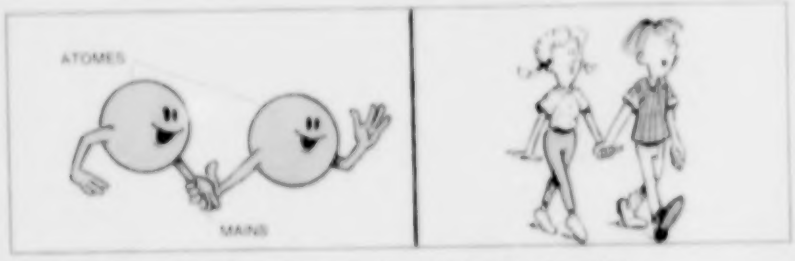



***Figure 14: Comparaison liens atomiques/poignées de mains***

*Les valences des atomes: des mains?*

Des études scientifiques ont démontré que la plupart des atomes agissent entre eux comme s'ils avaient des «mains». Si quelques atomes ne possèdent aucune main, plusieurs en possèdent une seule. D'autres en ont deux, trois, etc. Il existe même certains atomes qui bénéficient de huit mains. Dans le langage scientifique, ces mains s'appellent des **valences**. Tenons-nous en cependant à la première expression pour l'étude de ce module. Quoique plus simpliste, elle te permettra de mieux visualiser les notions que nous t'exposons.

*Les molécules*

Tout comme tes mains te servent à prendre et à manier des objets divers, les mains des atomes trouvent leur utilité également en happant ce qui est autour d'eux, soit d'autres mains d'atomes. C'est de cette manière que les regroupements d'atomes se forment pour créer de nouvelles substances. Prends par exemple le sucre. Dans ce cas, le plus petit morceau de sucre n'est pas un atome de sucre. En effet, quelques atomes qui forment ce composé ont utilisé leurs mains et ne veulent pas décrocher! Le regroupement provoqué par cette « association de mains » s'appelle **molécule**.

Le cas du sucre est complexe puisqu'une molécule de sucre comporte quarante-cinq atomes tous liés les uns aux autres. Cela signifie que la subdivision d'un morceau de sucre qui contient des milliards d'atomes résultera en un ensemble de molécules contenant chacune quarante-cinq atomes.

La molécule de sucre est imposante du point de vue du nombre d'atomes qui la composent, mais elle reste quand même minuscule du point de vue de sa dimension. Dis-toi bien que si tu es en mesure d'observer un morceau de sucre à l'oeil nu, c'est que ce morceau est composé de milliards de molécules de sucre.

Beaucoup de molécules tirent leur origine du regroupement de quelques atomes seulement. De telles molécules existent dans des applications simples effectuées à la maison ou à l'atelier. Étant donné l'importance du sujet, voyons ensemble quelques exemples de molécules simples. Cela te permettra de mieux visualiser l'action des mains des atomes et la formation de molécules.

## Quelques molécules simples

*Un premier cas:* **la molécule d'hydrogène**

L'atome d'hydrogène est le plus petit des atomes. Il ne possède qu'une main. En effet, cet atome se caractérise par une valence égale à 1. Afin de faciliter la représentation de cette situation, symbolisons cette main par un petit crochet à côté du symbole de l'atome. On pourrait par exemple schématiser un atome d'hydrogène comme suit.

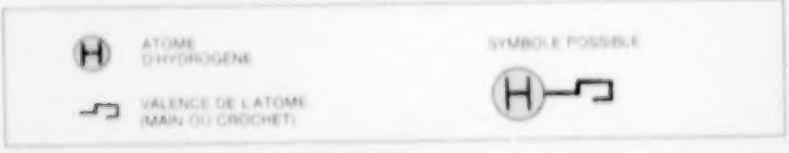



***Figure 15: Symbolisation de l'atome d'hydrogène***

Bien entendu, tu peux placer la main ou le crochet à l'endroit que tu désires tout autour de l'atome ou du symbole H. Tu peux ainsi avoir les représentations suivantes.

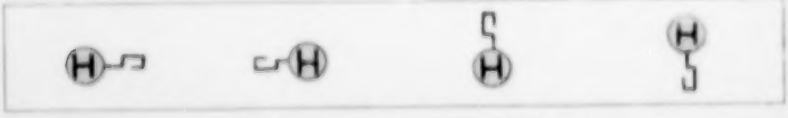



***Figure 16: Représentations possibles de l'atome d'hydrogène***

Une question peut maintenant te venir à l'esprit. Quelle est la conséquence entraînée par ces « crochets » sur le gaz hydrogène qui est utilisé de façon concrète en atelier ? Examinons à quoi servent les mains des atomes d'hydrogène dans un récipient bien précis, soit une bonbonne.

Des expériences scientifiques permettent de découvrir que les atomes d'hydrogène sont portés à utiliser leur valence. On pourrait dire que les éléments servant à créer des liens, les mains dans notre comparaison, ne demeurent pas inutilisés. **En d'autres mots, les mains des atomes ne peuvent rester vides**. La seule condition empêchant cet état est une température très élevée. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce sujet dans un autre module. Ainsi, dans l'exemple de la bonbonne, chaque main d'un atome d'hydrogène est utilisée pour saisir la main d'un autre atome d'hydrogène. Essaie d'imaginer le résultat que produit cette association.

Comme chaque main est associée à une autre main, tous les atomes d'hydrogène sont donc associés deux à deux. Tu constates que le contenu de la bonbonne d'hydrogène est en fait constitué de regroupements d'atomes (deux par deux). On dit qu'elle contient des **molécules d'hydrogène**. Le produit est symbolisé par H – H. Lorsque tu reçois en atelier une **bonbonne d'hydrogène pour le soudage**, quel symbole peux-tu lire sur l'inscription ? $H_2$, en effet. En résumé, nous cherchons à te faire réaliser que le gaz hydrogène contenu dans une bonbonne se compose de molécules (soit 2 atomes d'hydrogène regroupés) et non d'atomes isolés (atomes d'hydrogène seuls). En fait, on verra toujours le symbole $H_2$ dans les formules chimiques impliquant l'hydrogène.

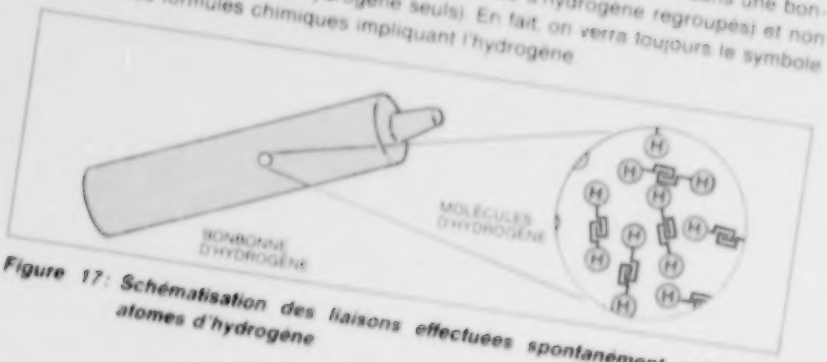



***Figure 17 : Schématisation des liaisons effectuées spontanément entre des atomes d'hydrogène***

*Un deuxième cas :* **la molécule d'oxygène**

L'atome d'oxygène se symbolise par la lettre O. Il possède une valence égale à 2. Cela signifie que cet atome possède en quelque sorte « deux mains ». Si tu veux représenter ces mains de la même façon qu'au premier cas, tu peux choisir par exemple les cinq possibilités suivantes.

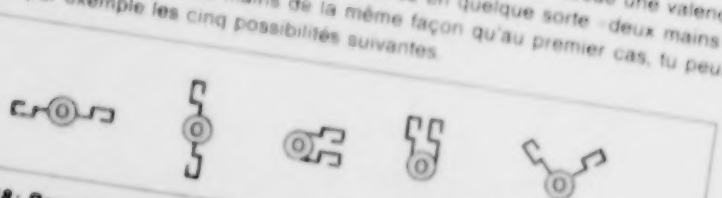



***Figure 18 : Représentations possibles de l'atome d'oxygène***

De la même façon que précédemment, imagine une bonbonne remplie d'un gaz (cette fois, de l'oxygène). Tu te retrouves d'ailleurs dans cette situation lorsque tu soudes à la flamme oxyacétylénique, car une des deux bonbonnes en opération dans le poste de soudage contient de l'oxygène.

Tu as appris dans le premier cas étudié que les « mains » des atomes doivent être utilisées. La règle générale soulignée à la page précédente nous permet ainsi d'affirmer que chaque atome d'oxygène va s'associer à un autre atome en utilisant ses deux mains. Une première façon de respecter cette règle consiste à imaginer le regroupement des atomes par paires. Les deux mains d'un atome rejoignent les deux mains d'un autre atome. Le symbole représentant cette association est alors O = O.

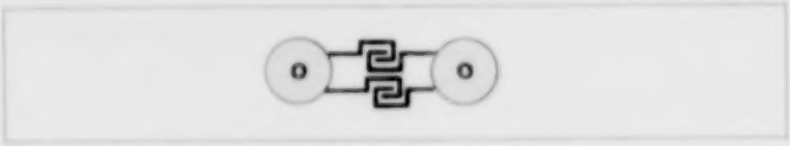



***Figure 19*** : ***Schématisation des liaisons effectuées***

Tu peux maintenant comprendre pourquoi le symbole $O_2$ est inscrit sur la bonbonne d'oxygène de ton poste de soudage. Cette bonbonne ne contient pas des atomes d'oxygène isolés mais plutôt des regroupements d'atomes par paires appelées molécules d'oxygène.

Il y a cependant d'autres agencements possibles entre ces atomes d'oxygène. Par exemple, la figure 20 exprime une association par trio. Remarque que les deux mains de chaque atome sont encore une fois utilisées.

***Figure 20*** : ***Association des atomes d'oxygène par trio.***

Dans cet exemple, le petit indice qui devrait accompagner la lettre O dans le symbole ne sera pas « 2 » mais « 3 ». Tu es en présence de la molécule « d'ozone » ($O_3$). Celle-ci forme la couche d'ozone qui se retrouve dans la haute atmosphère et qui nous protège des rayons ultra-violets du soleil.

Prends note cependant que l'association des atomes d'oxygène dans une bonbonne ne se fait que par paire. C'est pourquoi tu auras toujours exclusivement des molécules $O_2$ dans ce cas bien précis.

*Un troisième cas*: **la molécule d'eau**

Selon toi, comment des atomes d'oxygène et d'hydrogène peuvent-ils s'associer pour respecter la loi que nous venons de te présenter? Rappelle-toi que l'hydrogène a une main et l'oxygène en a deux. De plus, toutes les mains doivent être utilisées.

Que penses-tu de l'association de deux atomes d'hydrogène à un atome d'oxygène, tel que le représente le schéma suivant?

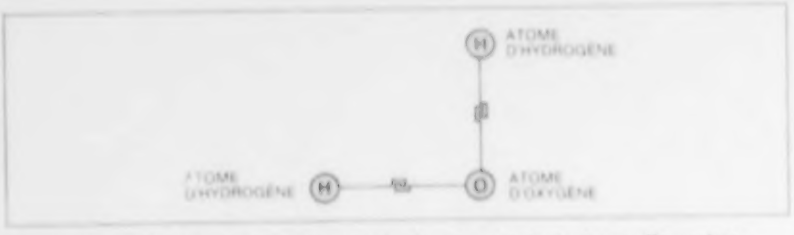



***Figure 21*: Association de 2 atomes d'hydrogène et de 1 atome d'oxygène**

Comme l'exprime cette combinaison, la molécule formée est $H_2O$. Cette molécule existe dans la nature. C'est tout simplement celle de **l'eau**. Un verre d'eau ne contient donc pas des atomes d'eau (ceux-ci n'existent pas) mais bien des molécules d'eau. Ce sont des regroupements de deux éléments (hydrogène et oxygène) formés de trois atomes (deux d'hydrogène et un d'oxygène).

Une autre association possible serait le regroupement de deux atomes d'hydrogène et deux atomes d'oxygène. Encore une fois, les quatre mains seraient utilisées. Cette molécule existe. Son symbole est $H_2O_2$ et son nom est le peroxyde d'hydrogène utilisé en médecine.

Comme tu peux le constater, la construction de molécules à l'aide des atomes se fait aisément selon les valences (le nombre de mains) de chacun des atomes. De plus, les possibilités d'associations entre deux types d'atomes sont nombreuses. Comme il existe une centaine d'atomes différents, le nombre de molécules différentes qu'il est possible d'imaginer devient astronomique. De façon à terminer cette étude des molécules connues, limitons-nous maintenant à quelques cas importants en soudage, soit les **hydrocarbures**.

*Un quatrième cas*: **les hydrocarbures**

Les molécules d'hydrocarbures sont construites à partir de l'association d'atomes d'hydrogène et d'atomes de carbone. Tu connais déjà l'atome d'hydrogène qui possède une valence égale à 1, soit l'équivalent d'une main. Quant au carbone, l'élément no 6 du tableau périodique, il présente une valence égale à 4. Il possède donc en quelque sorte quatre mains!

Dans un premier temps, essaie de voir quelles associations sont possibles entre un seul atome de carbone et de l'hydrogène. Sachant que les quatre mains du carbone doivent être remplies, tu peux déduire un premier regroupement possible. Il est représenté sur le schéma suivant.

***Figure 22 : Hydrocarbure formé avec un seul atome de carbone***

Cette molécule s'exprime par le symbole $CH_4$ et s'appelle le **méthane**. Il est un des principaux constituants du gaz naturel.

Compliquons maintenant le problème. Voyons si tu peux deviner les regroupements possibles avec deux atomes de carbone et des atomes d'hydrogène. Ils sont au nombre de trois. Examine la figure 23.

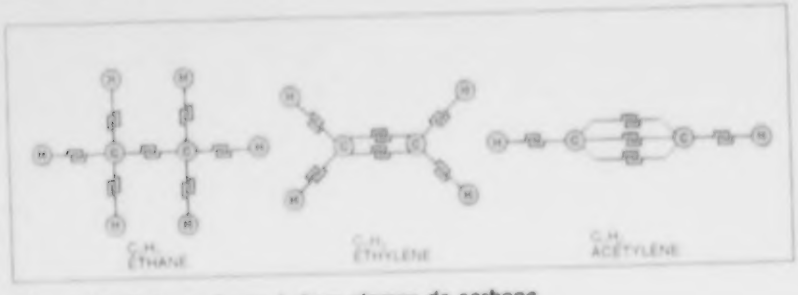



***Figure 23 : Hydrocarbures à deux atomes de carbone***

Parmi les trois types de molécules pouvant être formés, tu reconnais la troisième nommée acétylène. C'est la plus importante pour toi en soudage. Tout ceci peut t'aider à conclure que dans une bonbonne d'acétylène, il y a des molécules d'acétylène qui représentent des regroupements de quatre atomes.

De nombreuses autres molécules peuvent être imaginées seulement par la connaissance des valences des atomes. En continuant d'ajouter des atomes d'hydrogène et de carbone à des atomes d'oxygène par exemple, tu pourrais en arriver à la molécule de sucre qui est exprimée par $C_{12}H_{22}O_{11}$.

### *Des liens chimiques*

Tu sais maintenant que les atomes possèdent des valences qui rendent possible la formation de molécules. Ces valences comparables à des mains créent des liens entre les atomes. Cette notion de lien peut paraître à première vue abstraite. Tu sais très bien que les atomes n'ont pas de mains ni de crochets comme l'indiquaient les dessins. Leur comportement est tel qu'on est porté à imaginer quelque chose de bien concret unissant ces atomes. Le phénomène réel s'explique par la tendance des atomes à vouloir s'associer entre eux. Ils accomplissent un échange de particules qui confirme et renforce cette association. Cependant, il est important de garder en mémoire le modèle des mains, car il permet de faciliter l'étude des divers composés chimiques.

Pour ce qui est du lien chimique existant entre deux atomes, une comparaison bien simple permet de visualiser le phénomène.

*Des liens entre joueurs de balle molle*

Imagine une situation dans laquelle deux joueurs de balle molle se lancent la balle afin d'améliorer leur performance dans ce sport. Ils demeurent à une distance raisonnable l'un de l'autre afin de se trouver constamment à la portée du lancer de la balle. Si un joueur s'éloigne quelque peu de sa position, l'autre est porté à se réajuster.

Deux autres joueurs arrivent et font de même à un autre endroit du terrain de jeu. Puis deux autres s'installent à leur tour. L'observation des joueurs d'une distance assez grande montre des duos indépendants les uns des autres dans lesquels chaque membre est comme lié par quelque chose d'invisible avec son partenaire. Quoi qu'il arrive, les duos ne se brisent pas, ne se mélangent pas. Ce genre de lien qui existe entre les deux joueurs est visualisé par la trajectoire de la balle.

La situation concrète dans cet exemple se rapproche sous plusieurs aspects du phénomène des molécules à deux atomes. Tu as pu voir deux exemples de ces molécules avec l'hydrogène ($H_2$) et l'oxygène ($O_2$). Les atomes étaient associés en duos et chaque duo était indépendant des autres.

***Figure 24: Comparaison joueurs de balle molle - molécules***

Les phénomènes scientifiques se produisant au niveau des atomes sont très complexes. En effet, les atomes s'échangent quelque chose tout comme les joueurs de la comparaison. Des particules appelées électrons peuvent être transférées d'un atome à l'autre tout comme les balles étaient échangées entre les lanceurs. **Un lien chimique entre des atomes se concrétise donc par un échange d'électrons**. En outre, le phénomène peut se produire entre plus de deux atomes.

Ton étude des molécules en chimie est maintenant avancée. Souviens-toi principalement de ce qui est inscrit dans l'encadré ci-dessous et tu seras déjà à un niveau de compréhension adéquat face à ce qui se produit dans ton métier. Le prochain module traite d'ailleurs d'un aspect important des diverses manipulations que tu exécutes en atelier. Nous revenons sur la notion de molécules, mais nous l'appliquons cette fois-ci aux divers gaz que tu pourrais rencontrer en soudage.

**Il existe un lien chimique qui pousse les atomes à s'associer entre eux. C'est la valence (ou «nombre de mains») qui caractérise chacun de ces atomes.**

## *MODULE DE PROLONGEMENT 2*

# MOLÉCULES EN SOUDAGE

*Les molécules en soudage*

Tu connais déjà les formules des deux gaz que tu utilises le plus souvent dans ton atelier de soudage. Tu connais également la signification des symboles et des chiffres qui sont contenus dans ces formules.

| **Soudage à la flamme oxyacétylénique** | |
|---|---|
| **1er gaz : acétylène ($C_2H_2$)** | **2e gaz : oxygène ($O_2$)** |

*Gaz utilisés en soudage*

Si le soudage à la flamme oxyacétylénique s'avère une technique populaire, c'est qu'elle possède bien des avantages. Cependant, il serait utile ici de faire une petite étude comparative des divers gaz offerts aux soudeurs. Il sera possible par la même occasion de cerner les avantages de l'acétylène comme gaz combustible.

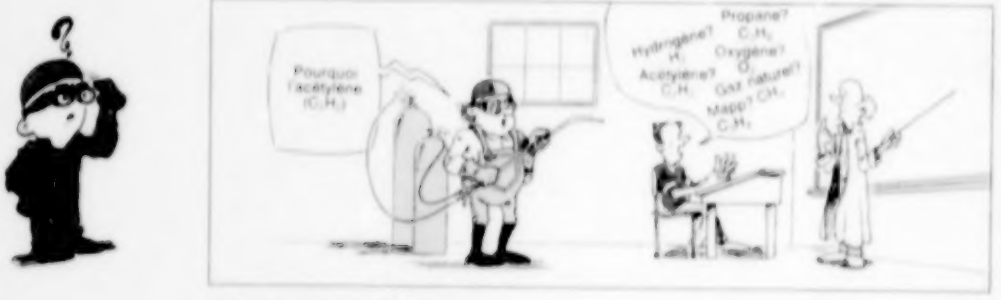



***Figure 25 : Quel gaz utiliser ?***

*L'oxygène*

L'oxygène est un gaz indispensable à l'entretien de toute vie. Il forme environ un cinquième de l'atmosphère (air ambiant).

| COMPOSITION DE L'AIR | |
|---|---|
| AZOTE ($N_2$) | 78 % |
| OXYGÈNE ($O_2$) | 21 % |
| ARGON (Ar) | 1 % |
| AUTRES | faible quantité |

De plus, l'oxygène est indispensable à l'entretien de toute combustion. Tu as sûrement déjà expérimenté cela, par exemple, avec une allumette. Une allumette placée sous un verre s'éteint dès que l'oxygène de l'intérieur du verre est brûlé.

On livre normalement l'oxygène dans des cylindres haute pression de 6,90 $m^3$ et 3,45 $m^3$ à 15 286 kPa de pression. Tu connais déjà le symbole de l'oxygène, soit $O_2$.

| OXYGÈNE ——— $O_2$ |
|---|

*L'acétylène*

L'acétylène est un hydrocarbure gazeux inflammable capable de produire une flamme de 3090 °C lorsqu'il brûle dans l'oxygène. Il est composé d'hydrogène et de carbone. Sa formule chimique est $C_2H_2$.

L'acétylène est exothermique, c'est-à-dire qu'il dégage de la chaleur en se décomposant, d'où sa grande valeur comme gaz combustible. Sa température d'ignition (335 °C) est beaucoup plus basse que celle de la majorité des gaz combustibles.

L'acétylène est livré sous forme gazeuse, dissous dans l'acétone, en bouteilles de divers formats, à 1725 kPa de pression.

| ACÉTYLÈNE ——— $C_2H_2$ |
|---|

*Le gaz méthylacétylène - propadiène (MAPP)*

Le MAPP est un gaz combustible utilisé depuis quelques années dans l'industrie et dont le rendement est voisin de l'acétylène. Il offre certains avantages comme l'absence de réaction aux chocs et la possibilité d'être livré et d'être conservé à l'état liquide. De plus, une bouteille de ce gaz permet d'accomplir autant de travail que quatre bouteilles d'acétylène. La température de la flamme obtenue est légèrement inférieure à celle de l'acétylène, soit 2927 °C.

| MAPP ——— $C_3H_4$ |
|---|

*Le propane*

Le propane est une autre combinaison chimique possible entre le carbone et l'hydrogène. Ses caractéristiques physiques le rendent propre à son usage de combustible gazeux. On le manipule, l'emmagasine et le transporte à l'état liquide. Quand on emploie la bouteille, le propane emprunte de la chaleur à l'air ambiant et le transmet au liquide qui se gazéifie pour servir à différents usages.

| PROPANE ——— $C_3H_8$ |
|---|

*Le gaz naturel*

En dépit de sa combustibilité parfaite, le gaz naturel est l'un des gaz combustibles les plus sûrs qui soient. En effet, le gaz ne s'enflamme que dans certaines conditions restreintes. Il faut qu'il soit mélangé à l'air dans des proportions variant de 4,5% à 14,5%. Un mélange plus pauvre ou plus riche n'y sera pas inflammable. De plus, il faut une source de chaleur suffisante pour l'allumer. La température de l'étincelle ou de la flamme doit se situer entre 593 °C et 649 °C. Rien dans le gaz naturel ne peut produire de poussière. Rien ne subsiste après sa combustion (fumée, cendre, suie, ou autres résidus).

Le gaz naturel appartient à la famille des hydrocarbures. Il est composé en grande partie de méthane, le plus léger des hydrocarbures.

**GAZ NATUREL ——— $CH_4$ (en grande partie)**

*Tableau comparatif*

À titre de résumé, nous te proposons un tableau comparatif des caractéristiques et des applications des divers gaz de soudage. Nous insérons dans ce tableau l'hydrogène qui est un gaz combustible même s'il est de moins en moins utilisé aujourd'hui pour le soudage.

| | ACÉTYLÈNE | MAPP | PROPANE | GAZ NATUREL | HYDROGÈNE |
|---|---|---|---|---|---|
| Température de la flamme (°C) | 3090 | 2927 | 2820 | 2700 | 2400 |
| Avantages | Facile à déceler, température élevée, combustion facile. | Ne réagit pas aux chocs, frais réduits (achat et maintention). | Contrôle de la température, oxycoupage léger. | Flamme douce, bas prix, propre. | Flamme oxydante (coupage). |
| Désavantages | Très explosif. | Mauvaise qualité de la soudure. | Température plus faible, combustion lente. | Toxique, difficile à déceler. | Prix élevé. |
| Applications populaires | Soudage-brasage tous métaux, coupage aciers au carbone, préchauffage, façonnage et traitement des métaux, travaux sous l'eau (faible profondeur). | Coupage de l'acier trempé, métallisation, chauffage, brasage. | Oxycoupage, préchauffage. | Brasage tôles minces aciers, métaux cuivreux, oxycoupage acier doux, pre et postchauffage, traitement thermique. | Soudage plomb et métaux précieux, soudage et coupage sous-marin (si profondeur plus grande que 7 m). |

***Tableau 4 : Analyse comparative des gaz combustibles***

*Autres pro...*

Tu ... techniques de soudage où l'on utilise un gaz supplémentaire e... gaz de protection. C'est le cas du TIG (tungsten inert gaz) ou GTAW (gaz tungsten arc welding) qu'on doit appeler **soudage à l'arc avec électrode réfractaire.**

Le soudage à l'arc au tungstène n'est donc pas un procédé de soudage au gaz proprement dit comme l'est le soudage oxyacétylénique. On utilise un arc électrique généré par une source de courant entre la pièce à souder et l'électrode. Cela peut te faire penser au soudage à l'arc électrique ordinaire (soudage à l'arc avec électrode enrobée). Cependant, il y a un aspect différent. C'est l'apport d'un gaz supplémentaire appelé **gaz inerte** qui protège la zone de métal en fusion contre l'air ambiant durant le soudage.

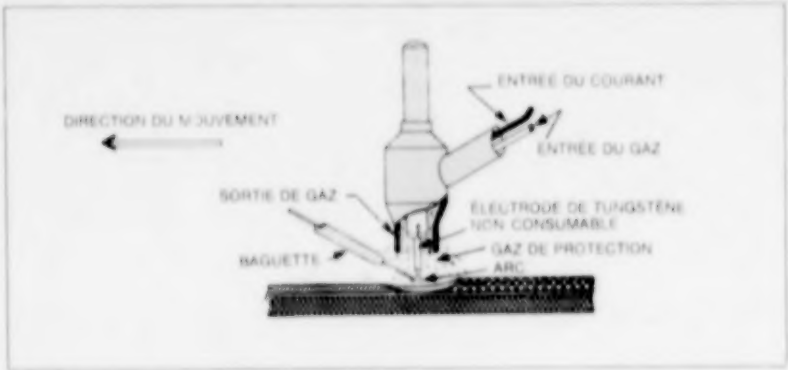



***Figure 26 : Équipement de soudage TIG***

Les deux gaz pouvant être utilisés comme gaz de protection sont **l'hélium et l'argon**. Retourne aux tableaux du module précédent et essaie de trouver les symboles de ces deux gaz.

| | | | |
|---|---|---|---|
| **HÉLIUM** | ▶ **Symbole :** ■ | **Numéro :** ■ |
| **ARGON** | ▶ **Symbole :** ■ | **Numéro :** ■ |

Tu peux facilement concevoir, après la lecture de ce module, la grande diversité de gaz mis à ta disposition. Une question est toutefois demeurée sans réponse. Qu'est-ce qui peut se produire entre atomes et ... faire en arriver à une telle diversité? Par exemple, comment peut-on arriver à fabriquer du $C_2H_2$ (acétylène)? Lis le dernier module de ce thème; cela pourra t'apporter un élément de réponse.

## *MODULE D'ACQUISITION 3*

# LES RÉACTIONS CHIMIQUES

Maintenant que tu as vu les notions d'atomes, de molécules et d'éléments, tu devrais mieux comprendre les raisons qui expliquent une si grande diversité de produits, de gaz, de matériaux et de liquides existant tout autour de toi.

Tout dépendant de la façon dont s'associent les atomes ou molécules, il y a création d'un compose bien précis. Rappelle-toi qu'un **composé** est une substance qui comprend deux ou plusieurs **éléments de base**. Certaines substances ou éléments de base ne réagissent pas ensemble. De plus, des conditions environnantes bien précises sont généralement nécessaires pour permettre la réaction entre deux substances qui peuvent s'associer. C'est à ce moment qu'on peut parler de **RÉACTION CHIMIQUE**.

En résumé, il faut que certaines conditions soient respectées pour qu'une réaction chimique se produise. Garde en mémoire ce qui est inscrit dans l'encadré ci-dessous.

**Une réaction chimique se produit entre deux éléments qui peuvent s'associer.**

**Une réaction chimique se produit dans certaines conditions environnantes seulement.**

### *La formation de l'eau*

Comme tu as pu le lire dans les modules précédents, le symbole de l'eau est $H_2O$. Par conséquent, avec ce que tu viens d'apprendre, tu peux imaginer la possibilité d'une réaction chimique entre l'hydrogène et l'oxygène. Effectivement, on peut fabriquer de l'eau avec de l'oxygène et de l'hydrogène. Une étincelle est la condition environnante nécessaire pour mettre en branle la réaction chimique. La réaction se lit comme suit.

| hydrogène + oxygène = eau |
|---|
| $2\,H_2 + O_2 = 2\,H_2O$ |

### *La fabrication de l'acétylène*

Tu connais également le symbole de l'acétylène, gaz de soudage très populaire, soit $C_2H_2$. Son procédé de fabrication est beaucoup plus complexe que celui de l'eau. On le produit par la combinaison du carbure de calcium et de l'eau. Le carbure de calcium provient lui-même d'une autre réaction chimique causée par la fusion de la chaux et du coke* dans des fournaises électriques. Les deux réactions se lisent comme suit.

* Coke: résidu solide de la carbonisation ou de la distillation de certaines houilles grasses.

| chaux | + | coke | → | carbure de calcium | + | autre résidu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $CaO$ | + | $3C$ | → | $CaC_2$ | + | $CO$ |

| carbure de calcium | + | eau | → | acétylène | + | autre résidu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $CaC_2$ | + | $2\ H_2O$ | → | $C_2H_2$ | + | $Ca(OH)_2$ |

Les deux exemples que tu viens d'étudier sont une preuve de l'existence d'une grande variété de produits qui découlent d'une association de plusieurs éléments de base. Tu as pu observer dans ces exemples les deux résultats espérés (eau et acétylène). Ceux-ci se retrouvaient dans les parties droites des équations.

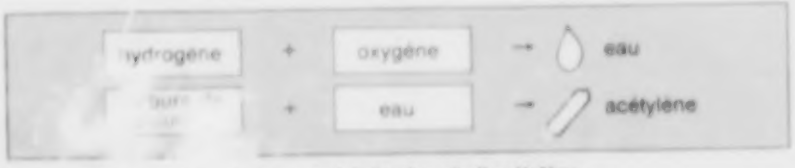



*Figure 27 Formation de l'eau et fabrication de l'acétylène*

Tu as peut-être remarqué que des chiffres apparaissent devant certains symboles [illegible] Ils ne sont là que pour équilibrer les réactions. Par exemple, dans la première réaction de la fabrication de l'acétylène, on procède [illegible] le symbole du carbone (coke). C'est que le résultat de cette réaction chimique donne du carbure de calcium de symbole $CaC_2$ et [illegible] de symbole de $CO$. On est donc en présence de 3 atomes de carbone de chaque côté de la réaction. Il faut donc le même nombre d'atomes de carbone à gauche de la réaction et [illegible] la présence du chiffre 3 précédant le C.

Rien ne change en ce qui concerne l'oxygène. Le chiffre 3 ne fait qu'exprimer la quantité nécessaire d'atomes de carbone pour réaliser cette réaction chimique bien précise. Tu remarqueras par le fait même que les symboles Ca et O n'ont pas besoin de chiffres puisqu'ils sont en nombres égaux à gauche et à droite de la réaction chimique.

### *Les conséquences d'une réaction chimique*

D'après ce que tu viens d'apprendre, tu comprends qu'une réaction chimique entraîne un premier résultat, soit la fabrication d'un nouveau composé. Cependant, une deuxième conséquence peut être entraînée par une réaction chimique. C'est une **production d'énergie ou de chaleur**.

Tu sais par expérience que la combustion réalisée dans le soudage oxyacétylénique entraîne la création d'une grande quantité de chaleur. Voyons donc la réaction chimique de la combustion sans trop détailler puisque c'est l'objet d'un thème ultérieur. La réaction s'exprime de la façon suivante.

| acétylène | + | oxygène | → | oxyde de carbone | + | vapeurs d'eau | + | chaleur |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $2\,C_2H_2$ | + | $5\,O_2$ | → | $4\,CO_2$ | + | $2\,H_2O$ | + | chaleur |

On appelle ce type de réaction chimique une réaction exothermique, car le résultat s'accompagne d'un dégagement de chaleur. C'est le phénomène contraire d'une réaction endothermique qui implique cette fois-ci une absorption de chaleur.

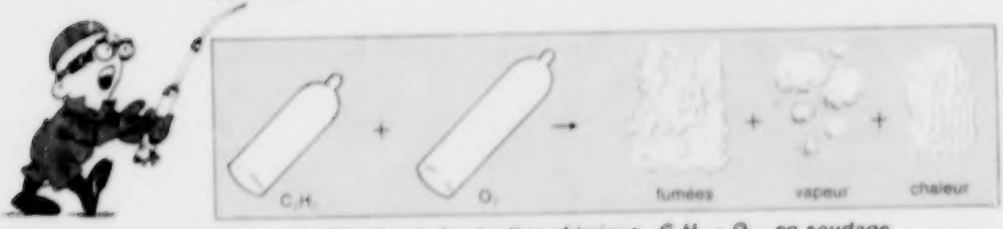



***Figure 28 : Résultat de la réaction chimique $C_2H_2 + O_2$ en soudage***

Tu peux ainsi constater avec nous que l'association des molécules de gaz d'acétylène et d'oxygène provoque un dégagement de chaleur apte à faciliter le processus de soudage.

Il est possible de visualiser d'une certaine façon ce qui se produit dans une telle réaction chimique. D'après ce que tu viens d'apprendre et à l'aide de ce que nous te présentons à l'instant, tu pourras peut-être mieux comprendre le phénomène.

*Un « Pacman chimique » à observer*

Tu as sûrement déjà eu l'occasion de jouer avec un jeu électronique du type « Pacman ». Les situations bien concrètes que présente ce jeu peuvent facilement se comparer à quelques phénomènes se produisant dans une réaction chimique. Examine bien la figure suivante.

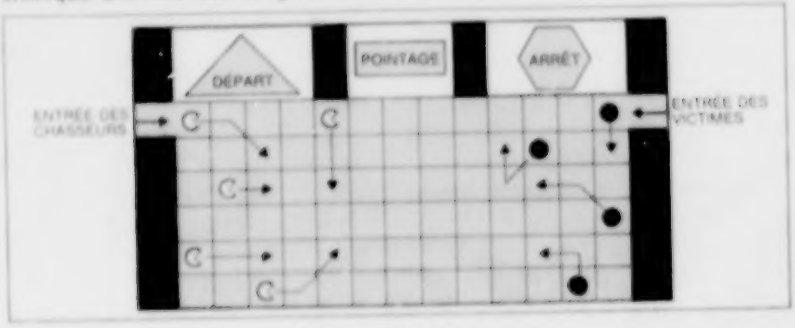



***Figure 29 : Jeu électronique de type « Pacman »***

Évidemment, le jeu illustré est quelque peu modifié par rapport à sa version originale bien connue. Imagine-le comme offrant la possibilité de jouer à plusieurs personnes. Les participants deviennent des chasseurs qui doivent attraper le plus de victimes possibles.

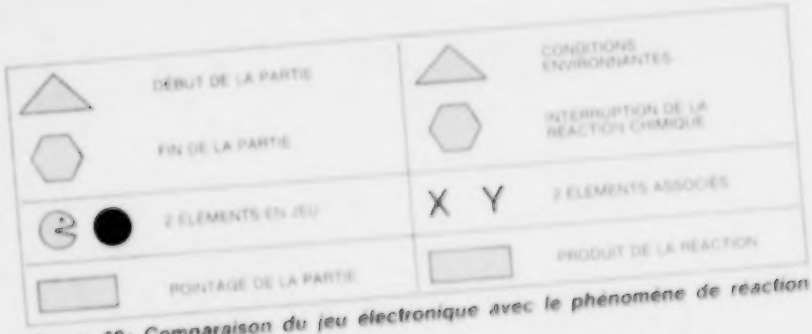



***Figure 30 : Comparaison du jeu électronique avec le phénomène de réaction chimique***

**Jeu électronique**

Il faut nécessairement deux conditions pour que le jeu apporte un résultat.

Une première condition est la mise en marche du jeu. De plus, deux éléments adéquats (chasseurs et victimes) doivent s'associer.

Lorsqu'un chasseur rencontre une victime, il se produit une réaction. Le premier gobe le deuxième et poursuit son chemin en clignotant. Il est transformé.

Si deux joueurs semblables se rencontrent, il ne se produit rien.

La réaction entre les deux bons ingrédients apporte un résultat supplémentaire, soit un nombre de points qui s'inscrit au tableau de comptage.

**Réaction chimique**

Il faut nécessairement deux conditions pour qu'une réaction chimique se produise.

La première touche les conditions environnantes. Il faut par exemple apporter une certaine quantité de chaleur initiale comme c'est le cas dans la réaction de combustion en soudage (allumage). Enfin, il doit y avoir la présence de deux gaz capables de réagir ensemble.

Lorsque deux molécules pouvant réagir ensemble se rencontrent, par exemple les deux gaz de soudage (combustible et comburant), il se produit une réaction. Une nouvelle substance est créée et demeure sur place.

Si deux molécules semblables se rencontrent, par exemple les molécules d'acétylène rencontrant d'autres molécules d'acétylène, il ne se produit aucune réaction.

La rencontre entre des molécules pouvant réagir ensemble, par exemple celles d'acétylène et celles d'oxygène, apporte un résultat supplémentaire, soit un dégagement d'énergie (grande quantité de chaleur nécessaire à la fusion).

Tu vois qu'il est effectivement possible de faire un rapprochement entre le jeu électronique et une réaction chimique. Un point important devrait cependant être souligné. Il faut l'imaginer n'avoir **aucun contrôle** sur les différents joueurs du jeu électronique. Seul le démarrage est imposé. La suite du jeu se déroule de façon automatique et c'est le hasard qui intervient dans le cheminement et la rencontre des chasseurs et des victimes.

Le phénomène réel se produisant dans une réaction chimique se comporte de la même façon, c'est-à-dire que le cheminement et le mélange des molécules adéquates se font **au hasard**. Tu sais très bien, par exemple, que tu n'as qu'à procéder à l'allumage de la flamme pour que celle-ci se maintienne de façon automatique par la suite. Les molécules d'acétylène et d'oxygène cheminent alors dans le mélangeur de ton chalumeau pour se combiner au hasard et produire la chaleur exigée.

**La réaction chimique la plus importante en soudage est celle de la combustion. Elle implique l'association de molécules d'acétylène et d'oxygène et apporte comme principal résultat un dégagement de chaleur important.**

- Comment appelle-t-on ce type de réaction chimique propre à la combustion en soudage ?
- Qu'est-ce qui permet le démarrage de la réaction chimique de combustion (du mélange air-essence) dans un moteur d'automobile ?

Ton étude de la matière dans ses aspects les plus importants est maintenant terminée. Tu pourrais aborder le phénomène de combustion de façon à mieux comprendre ce qui se produit dans ton chalumeau. Mais nous te proposons d'abord la lecture du deuxième cahier qui développe les concepts de base relatifs aux gaz et à la pression.

SAVAIS-TU QUE...

TOUTES LES RÉACTIONS CHIMIQUES IMPLIQUENT LA DÉMOLITION OU LA FORMATION DE LIENS ENTRE LES ATOMES. C'EST EN ÉTUDIANT LE COMPORTEMENT DE CES PHÉNOMÈNES QUE L'ON PEUT MIEUX COMPRENDRE LES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES D'UN ÉLÉMENT.

## *FICHE DE SYNTHÈSE*

*Les atomes*

La matière est composée de particules appelées atomes. Les atomes forment donc la structure interne de toute matière solide, liquide ou gazeuse. Ils sont tellement microscopiques qu'on ne peut les voir à l'oeil nu.

*Les éléments du tableau périodique*

On appelle élément de base un regroupement d'un seul type d'atomes. Un élément est un corps simple, indécomposable comme l'or, l'argent ou le fer. L'acier n'est pas un élément de base puisqu'il se compose lui-même de deux éléments, soit le fer et le carbone. On l'appelle un alliage.

Le tableau périodique est une classification établie par les scientifiques; il présente tous les éléments de base existant sur la terre.

*Les molécules*

Les atomes se regroupent souvent en molécules. Deux types de molécules bien connues sont la molécule d'oxygène $O_2$ et celle d'acétylène $C_2H_2$.

C'est la valence des atomes qui nous permet de savoir s'ils peuvent se regrouper. Un atome qui possède une valence autre que 0 aura donc tendance à se combiner avec un ou plus d'un atome. Le regroupement des atomes se fait par l'intermédiaire d'un lien chimique, sorte d'association qui s'exprime par un échange de particules et qui pousse les atomes à demeurer à courte distance les uns des autres.

*Gaz de soudage*

Les gaz les plus fréquemment utilisés lors du soudage sont l'oxygène, l'acétylène, le méthylacétylène-propadiène (MAPP), le propane et le gaz naturel. L'hélium et l'argon, deux gaz inertes, sont utilisés comme gaz de protection dans certaines techniques comme le TIG et le MIG.

*Réaction chimique*

Pour qu'une réaction chimique se produise, il doit y avoir la présence de deux éléments capables de s'associer. De plus, certaines conditions environnantes doivent être respectées. En soudage, les deux éléments exigés sont un combustible et un comburant adéquats. Les conditions environnantes souhaitées sont la chaleur initiale (allumage) et parfois un dôme de protection contre les effets néfastes de l'atmosphère autour du joint à souder.

Une réaction chimique entraîne souvent deux résultats: la fabrication d'un nouveau composé et la production d'énergie ou de chaleur. Dans ce dernier cas, on l'appelle réaction exothermique. La réaction chimique la plus importante en soudage est évidemment celle de la combustion. On pourrait nommer d'autres exemples comme le décapage chimique des pièces ou l'oxydation d'un métal.

## *FICHE D'ÉVALUATION*

1. Laquelle des affirmations suivantes est vraie?

   a) Les atomes constituent toutes les formes de matière.
   b) L'air n'est pas constitué d'atomes, car il est transparent.
   c) L'eau est constituée d'atomes d'eau.

2. Qu'est-ce qu'une molécule?

   a) Le nom qu'on donne aux atomes des matériaux utilisés en soudage.
   b) Une combinaison d'atomes.
   c) Une combinaison de composés.

3. Lequel des trois éléments suivants représente la plus « grosse » entité?

   a) Une molécule.
   b) Un atome.
   c) Un élément.

4. Qu'est-ce qu'un hydrocarbure?

   a) Un composé formé d'atomes d'hydrogène et de carbure.
   b) Un mélange résultant d'une réaction chimique entre un atome de carbone et un atome d'hydrogène.
   c) Un gaz formé d'atomes de carbone et d'hydrogène.

5. Un atome d'oxygène possède une valence de deux. Qu'est-ce que cela signifie?

   a) Cet atome peut faire deux liaisons simples.
   b) Cet atome se combine deux fois plus souvent qu'un atome de valence 1.
   c) Cet atome ne peut se combiner qu'avec un autre atome de valence 2.

6. Laquelle des réactions chimiques suivantes représente bien la formation d'une molécule d'eau?

   a) $H + O \rightarrow H_2O$
   b) $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
   c) $2H + O \rightarrow H_2O$

7. Quelle particularité **ne présente pas** un gaz inerte?

a) C'est un gaz qui se combine avec d'autres sans offrir de résistance.
b) C'est un gaz qui ne se combine pas avec d'autres gaz, car il est de valence zéro.
c) C'est un gaz beaucoup plus lourd que l'air, ce qui lui permet de rester au-dessus de la zone où l'on soude, protégeant ainsi cette région.

8. Qu'entendons-nous par réaction exothermique?

a) C'est une réaction qui nécessite un grand apport de chaleur pour s'amorcer.
b) C'est une réaction qui génère beaucoup de chaleur.
c) C'est une réaction qui absorbe beaucoup de chaleur.

9. Parmi les définitions ci-dessous, laquelle s'applique le mieux à l'idée de réaction chimique?

a) C'est une réaction qui fait disparaître la matière.
b) C'est une recombinaison des atomes des substances en présence.
c) C'est une opération conduisant à des modifications internes des atomes.

10. Qu'est-ce qu'un lien chimique entre deux atomes?

a) C'est un crochet qui associe les deux atomes.
b) C'est une force qui les pousse l'un contre l'autre.
c) C'est le résultat de l'échange d'électrons par ces deux atomes.

## *MODULE DE COMPLÉMENT*

# ACIDES ET BASES

*Réactions chimiques en soudage*

Lorsque tu effectues les diverses manipulations relatives à une opération de soudage, tu produis souvent et inconsciemment des réactions chimiques. Même le nettoyage d'une pièce avant le soudage se fait par l'entremise d'une réaction chimique. L'un des produits fréquemment utilisés pour cette opération est l'acide muriatique. Mais qu'est-ce qu'un acide? Que produit-il sur la pièce nettoyée? C'est une question à laquelle nous tenterons de répondre dans les prochaines pages.

Les modules précédents t'ont appris l'existence des atomes et des molécules. Tu sais maintenant que ces molécules se trouvent partout autour de toi. Le module de prolongement 2 t'a même enseigné comment sont composés les principaux gaz utilisés en soudage. Tu connais des regroupements importants d'atomes. L'acétylène en est un formé par l'association de deux atomes de carbone et de deux autres d'hydrogène. En brûlant, cette molécule se brise pour donner naissance à de nouvelles molécules, un phénomène appelé **réaction chimique**.

*Des réactions chimiques partout*

L'exemple précité de la combustion de l'acétylène ne représente qu'un cas particulier de réaction chimique. C'est une réaction qui se voit, car elle dégage de la chaleur et de la lumière en grande quantité. Par contre, l'explosion de la dynamite ne crée ni lumière, ni chaleur. C'est une réaction capable d'engendrer une grande force provoquant les effets destructeurs que tu connais. On trouve également des réactions chimiques non bruyantes et sans éclat qui se produisent devant nous sans retenir notre attention. Lorsque tu utilises un appareil-photo, tu provoques une réaction au niveau de la pellicule. Celle-ci est transformée sous l'effet de la lumière. Il y a aussi des réactions chimiques dans notre estomac.

***Figure 31 : Différents types de réactions chimiques***

Limitons-nous cependant à une catégorie particulière de réactions chimiques, celles provoquées par les **acides**. Dans un premier temps, il faut connaître ce qu'est un acide.

*La dissociation de l'eau*

Pour comprendre la nature des acides, il faut d'abord étudier le comportement de l'eau. Cette substance est formée de molécules qui comportent chacune trois atomes, deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène. Tu connais déjà la formule $H_2O$ qui représente la molécule d'eau.

Imagine un litre d'eau pure. Tu devines que ce litre est rempli de molécules $H_2O$ empilées les unes contre les autres. C'est une image «presque» correcte de la réalité. On dit «presque», car on retrouve dans ce litre d'eau un certain nombre de molécules $H_2O$ qui sont dissociées. Rappelle-toi tout d'abord de quelle façon une molécule d'eau est représentée de façon schématique.

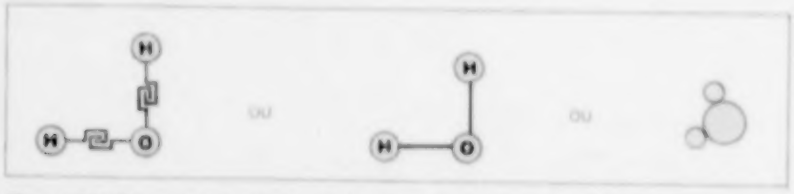



***Figure 32: Diverses façons de schématiser la molécule d'eau***

Dans la représentation située au centre de la figure précédente, les droites symbolisent les liens entre les atomes. Il n'y a pas de lien entre les deux atomes d'hydrogène. Les deux liens existants réunissent chaque atome d'hydrogène à l'atome d'oxygène. Selon toi, comment symboliserait-on un grand nombre de molécules d'eau collées les unes aux autres dans notre litre d'eau?

Contrairement à ce qu'on pourrait s'attendre, un certain nombre de molécules ne demeurent pas intactes. Quelques liens se brisent. Ceci donne naissance, pour chaque bris de lien, à un hydrogène seul et à un groupement oxygène-hydrogène.

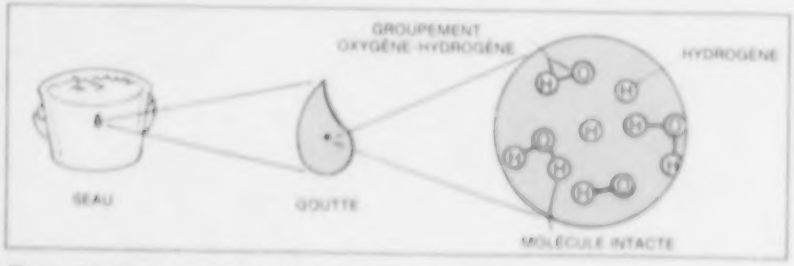



***Figure 33: Regroupements d'atomes dans l'eau pure***

Les morceaux de molécules brisées sont appelés des ions et non des atomes. Pourquoi cela? C'est que le lien chimique, en se brisant, provoque un phénomène particulier. Les électrons sont portés à se déplacer légèrement dans ce lien. Dans notre cas, l'électron de l'atome d'hydrogène a tendance à se maintenir plus près de l'atome d'oxygène dans une molécule d'eau. La séparation des atomes entraîne alors l'électron de l'atome d'hydrogène à demeurer avec le groupe des deux atomes oxygène-hydrogène.

Ce phénomène crée un débalancement électrique. L'électron possède une charge électrique. Dès qu'il est séparé du noyau de son atome original, il rend ce dernier chargé positivement, c'est pourquoi on l'appelle **H+**. De la même façon, l'électron de charge négative rend le groupe oxygène-hydrogène chargé négativement. Il devient le groupe **OH-**. L'atome **H+** et le groupe d'atomes **OH-** sont alors appelés ion **H+** et ion **OH-**.

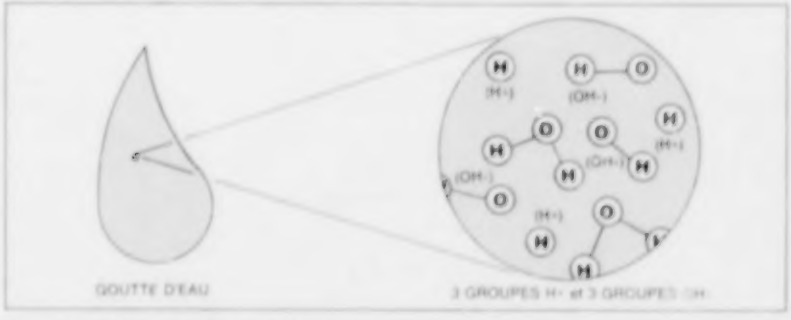



***Figure 34 : Groupes H+ et OH-***

La dissociation de l'eau produit donc le résultat suivant. Les nombres d'ions **H+** et **OH-** sont les mêmes. Cela se voit facilement puisque chaque molécule d'eau en se dissociant produit les deux types d'ions.

### *Qu'est-ce qu'un acide ?*

En général, un acide est un produit qui peut se mélanger à l'eau comme du sel de table. Les molécules de l'acide se dissocient en se mélangeant à l'eau. Elles libèrent des ions **H+** en grand nombre sans fournir les ions **OH-** comme le fait l'eau. Tout ce que tu viens d'apprendre peut maintenant t'aider à définir la notion d'acide.

**Un acide est une substance qui, en solution dans l'eau, élève la concentration d'ions H+.**

Tu sais probablement ce que signifie l'expression « goût acide ». C'est quelque chose de piquant, parfois de désagréable. Le citron, le pamplemousse et l'orange sont des fruits acides. La sensation que l'on ressent en consommant ces fruits provient des ions **H+** en excès.

Les composés acides ont une grande utilité. Par exemple, notre estomac contient de l'acide chlorhydrique qui nous permet de digérer. Cet acide n'est pas toxique lorsqu'il est dilué dans l'eau. De même, l'acide acétique (le vinaigre) s'emploie pour la conservation d'aliments.

L'acide chlorhydrique est également utile pour le nettoyage des bavures de ciment sur les murs de briques. Il attaque les carbonates ($CO_3$) pour se substituer au ciment. Un autre type de nettoyage te concerne tout particulièrement, c'est le nettoyage des pièces avant le soudage.

*Le nettoyage chimique des pièces*

On peut considérer deux types de nettoyage, soit celui avec de l'essence (du « gaz ») et celui à l'acide. Il t'est sûrement déjà arrivé de nettoyer des taches de peinture ou de graisse avec de l'essence. Ces substances sont en général solubles dans l'essence, c'est-à-dire qu'elles peuvent se dissoudre dans ce liquide. En réalité, de nombreuses substances organiques subissent une influence en présence d'un solvant organique, tels l'essence d'automobile ou les diluants à peinture. C'est pourquoi il peut t'arriver d'enlever des graisses déposées à la surface des pièces à souder en utilisant un tel produit. Cependant, ce nettoyage n'a aucun effet sur la rouille. Il faut employer un autre moyen.

Tu sais que la rouille se développe à la surface d'un métal qui a été exposé, pour une longue période de temps, à l'air et à l'humidité. Des atomes du métal s'associent à l'oxygène de l'air pour former un oxyde. Celui-ci devient ensuite ce qu'on appelle de la rouille sous l'action de l'eau. La rouille est donc un produit minéral (non organique), de sorte que les solvants organiques ne peuvent l'enlever.

On peut nettoyer la surface d'un métal par des moyens mécaniques. Il suffit d'utiliser une meule ou un jet de sable.

***Figure 35* : Moyens de nettoyage de surfaces oxydées**

Mais cela ne convient pas toujours, surtout si l'on ne veut pas user la surface. Un autre moyen possible est l'emploi d'un acide. En effet, on a découvert que l'acide nettoie de façon efficace une surface oxydée. Tout oxyde constitue un produit basique (base) et un acide réagit de façon particulière avec une base. Voyons cela en détail.

*Qu'est-ce qu'une base ?*

Tu as appris, dans les pages précédentes, que l'eau pure contient des molécules dissociées. Deux types d'ions sont créés : l'ion acide **H+** et l'ion basique **OH-**. L'eau pure comprend un nombre égal des deux types d'ions. Elle n'a donc ni excédent acide, ni excédent basique. On dit qu'**elle est neutre**.

Cependant, il n'en est pas de même pour l'eau de mer. Cette dernière est basique. Il y a, dissoutes dans cette eau, des substances qui dégagent des ions **OH-** en excès. Les œufs et le lait de magnésie sont des produits qui présentent des caractéristiques basiques.

*Une question de pH*

La détermination de la caractéristique acide ou basique d'une solution se fait à l'aide d'un indice qu'on appelle le pH. Tu as peut-être entendu parler du pH d'une piscine. C'est le taux d'acidité ou de basicité de l'eau qu'elle contient.

Le pH est l'abréviation de « puissance hydronium ». Sa valeur se situe entre 0 et 14. Un produit de pH 1 est fortement acide. Celui de pH 13 est fortement basique. La valeur 7 correspond à un pH neutre. Ainsi, l'acide muriatique a un pH de 1, l'hydroxyde de sodium 13 et l'eau pure 7. Le tableau qui suit te donne un aperçu des valeurs de pH de quelques produits connus.

| PRODUIT | pH | |
|---|---|---|
| Acide chlorhydrique (muriatique) | 1,0 | acide |
| Citron | 2,3 | |
| Boisson gazeuse | 3,0 | |
| Pomme | 3,1 | |
| Orange | 3,5 | |
| Acide acétique (vinaigre) | 3,8 | |
| Tomate | 4,2 | |
| Pain | 5,5 | |
| Pomme de terre | 5,8 | |
| Eau de pluie (valeur moyenne) | 5,8 | |
| Lait | 6,5 | |
| Eau pure | 7 | neutre |
| Sang humain | 7,4 | basique |
| Œuf | 7,8 | |
| Eau de mer | 8,5 | |
| Lait de magnésie | 10,5 | |
| Ammoniac | 11,1 | |
| Hydroxyde de sodium | 13,0 | |

***Tableau 5 : pH de différents produits ou solutions***

Tu remarqueras dans le tableau précédent les trois valeurs différentes de pH caractérisant l'eau. Autant celle-ci est neutre à l'état pur et basique dans la mer, autant elle peut devenir acide dans la pluie. Tu as déjà entendu parler des pluies acides. Ceci vient du fait que cette eau présente un pH légèrement acide soit entre 4,5 et 7.

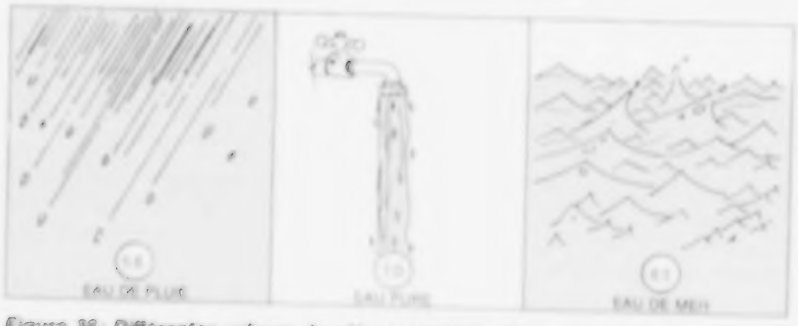



***Figure 38 : Différentes valeurs de pH caractérisant l'eau***

Les produits de pH basique incluent, en plus des quelques exemples du tableau précédent, tous les oxydes, c'est-à-dire tout ce qui est produit par oxydation sur un matériau quelconque. L'exemple type est la rouille qui se forme en surface sur le métal à souder.

*Une réaction chimique bien particulière*

Ainsi, quand tu nettoies une pièce avant le soudage à l'aide d'un acide, il se produit une réaction chimique bien particulière. Un produit acide (nettoyant) réagit avec une substance basique (couche d'oxyde ou de rouille). De façon générale, le résultat obtenu est un **sel**.

On doit maintenant se poser la question : Qu'est-ce qu'un sel ?.

*Qu'est-ce qu'un sel ?*

Tu connais certainement le sel de cuisine. Sa formule chimique est NaCl, c'est-à-dire qu'il est constitué de sodium et de chlore. Mais il existe toutes sortes de sels. Il y a les chlorures (ex. : NaCl), les hypochlorites (ex. : $NaClO$), les perchlorates (ex. : $NaClO_4$) et plusieurs autres. Il est possible de décrire le sel le plus connu, soit le sel de table. C'est une substance blanche, friable, soluble dans l'eau, d'un goût piquant, et qui sert à l'assaisonnement et à la conservation des aliments. Mais de façon générale, un sel peut se définir comme suit :

**Un sel est un composé formé par l'action d'un acide sur une base.**

C'est ce qui se produit lorsque tu nettoies ta pièce avant le soudage. Tu pratiques la création d'un sel par réaction chimique d'un acide avec une base. Examinons la réaction en question.

En principe, les acides sont représentés par le symbole de l'hydrogène suivi du symbole d'un élément par exemple HCl pour acide chlorhydrique. Contentons-nous pour l'instant du symbole H-A (A pour acide).

De la même façon, la plupart des bases se symbolisent par une ou plusieurs lettres suivies de OH. Limitons-nous à B-OH (B pour base). La réaction s'exprimerait de la façon suivante :

| B-OH | + | H-A | → | B-A | + | $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Base | | acide | | sel | | eau |

Par exemple, la combinaison de l'hydroxyde de sodium (NaOH) avec l'acide chlorhydrique (HCl) provoque la formation du sel de table (NaCl) et de l'eau ($H_2O$).

| NaOH | + | HCl | → | NaCl | + | $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|

Ainsi, quand tu nettoies ta pièce avec de l'acide, tu provoques la formation d'un sel. Un acide populaire utilisé dans les ateliers de soudage est l'acide muriatique. Cet acide est en fait de l'acide chlorhydrique dilué dans l'eau. Que se produit-il quand l'acide muriatique entre en contact avec la rouille en place sur la pièce ? La réaction s'exprime comme suit.

| $Fe(OH)_3$ | + | 3HCl | → | $FeCl_3$ | + | $3H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Rouille | | acide muriatique | | sel | | eau |

Les molécules du sel produit (le chlorure de fer) possèdent une propriété très importante. **Elles peuvent se dissoudre dans l'eau**. La couche de rouille se détache donc progressivement de la pièce et est emportée dans l'eau de nettoyage. La pièce devient débarrassée de sa couche de rouille et, par le fait même, prête à subir l'opération de soudage.

*Les variétés de décapage chimique*

Ce que tu viens de lire est l'explication d'une forme de décapage chimique, soit celle avec l'acide chlorhydrique (HCl). Ce dernier agit sur la plupart des métaux communs. Cependant, d'autres acides peuvent être utilisés en fonction du travail à faire et surtout des précautions à apporter.

Malgré son efficacité concernant le nettoyage, l'utilisation d'un acide peut entraîner des effets néfastes. En effet, le décapage chimique a le grave inconvénient de conférer de la fragilité aux métaux ferreux par diffusion d'hydrogène.

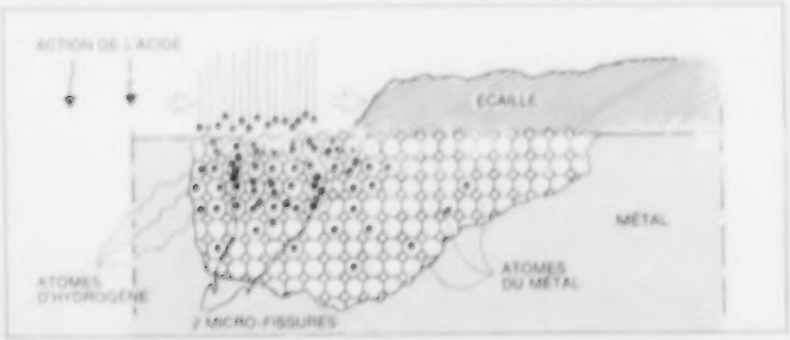



***Figure 37 : Diffusion d'hydrogène dans les métaux***

L'acide sulfurique ($H_2SO_4$) en solution très concentrée n'a aucune action sur l'acier, en raison d'une couche de sulfate de fer qui protège le métal. Cependant, en solution plus faible (environ 20%), les sulfates ferreux sont solubles et l'acide agit sur le métal.

L'acide fluorhydrique (HF) est de plus en plus employé pour le décapage des pièces, car il élimine les couches d'oxydes et les particules de sable accrochées à la surface.

L'acide nitrique ($HNO_3$) n'est pas employé pour l'acier. S'il est dilué avec d'autres acides, il donne aux objets en fer une coloration rouge. Cela constitue d'ailleurs un produit mis en vente pour recouvrir les plaques de rouille sur les pare-chocs noirs des automobiles.

Un décapage idéal consisterait à enlever rapidement et complètement les oxydes, la calamine, la rouille, sans attaquer le métal de façon appréciable. On utilise alors un modérateur d'attaque chimique appelé **limiteur de décapage**. Il permet une dissolution rapide des différents oxydes tout en retardant l'action corrosive de l'acide choisi sur le métal. Quelques substances employées sont la glycérine, les aldéhydes et les composés arsenicaux.

Une autre forme de décapage en voie de s'instaurer dans le milieu industriel est le décapage à l'hydrure de sodium. Cependant, il ne se limite pas à un simple nettoyage. C'est un véritable traitement thermique. La pièce est d'abord immergée dans un bain de soude caustique fondue à 370°C qui contient de 1,5 à 2% d'hydrure de sodium. Il faut donc que le métal ou l'alliage présente des caractéristiques physiques qui ne sont pas affectées par un tel traitement. Le résultat entraîné est la réduction des oxydes tout en respectant le métal. Ainsi, l'action décapante peut être prolongée sans effet néfaste pour la pièce.

La lecture des dernières pages devrait t'avoir familiarisé avec la grande variété des composantes et des effets d'un produit de nettoyage. Les impacts d'un décapage chimique sur les caractéristiques physiques et mécaniques d'une pièce semblent donc importants. Tu auras l'occasion d'aborder les notions rattachées à cette matière dans les cahiers de métallurgie. Il faut cependant que tu gardes à l'esprit les mesures **préventives** nécessaires à toute manipulation de produits de nettoyage. Ceux-ci ne se contentent pas toujours de nettoyer. Ils peuvent avoir des effets dangereux. Un dégagement de gaz toxique peut se produire à l'insu des travailleurs les plus attentionnés. Tu constates donc un autre aspect de ton métier. La prudence doit être aux premières loges de l'exécution de ton travail.

## SAVAIS-TU QUE...

LE SANG HUMAIN DOIT AVOIR UN pH SITUÉ ENTRE 7,3 ET 7,5. IL EST DONC LÉGÈREMENT BASIQUE. SI LE pH DU SANG DESCEND À 7,0, C'EST LA MORT PAR LE COMA PAR CONTRE. S'IL MONTE JUSQU'À 7,9, C'EST LA MORT PAR LE TÉTANOS. UN ENSEMBLE DE RÉACTIONS COMPLEXES AJUSTE, SI NÉCESSAIRE, LE pH DU SANG À UNE VALEUR RAISONNABLE EN NEUTRALISANT LES EXCÈS D'ACIDE OU DE BASE.

## *MODULE D'EXERCICES*

1. Tu sais que le concept d'élément chimique est une notion abstraite. Un module précédent a tenté d'illustrer cette notion grâce à la comparaison de la foule. Les hommes et les femmes constituaient les éléments de cette foule.

   Voulant améliorer la compréhension de ce concept, un enseignant propose la comparaison suivante : un élément serait une partie de la matière, tout comme les pièces d'un moteur d'automobile constituent les éléments de ce moteur. « Est-ce que les éléments de la matière sont comparables aux pièces d'un moteur ? » demande l'enseignant. Un étudiant répond que cette comparaison n'illustre pas bien le concept d'élément. Es-tu d'accord avec lui ? Explique ta réponse.

2. La formation des molécules découle du fait que les atomes possèdent des valences. Nous avons discuté de cela en termes de « mains » dans l'intention de représenter de meilleure façon ce qui se produit entre ces atomes. Chaque atome dispose d'une ou plusieurs mains, avec la possibilité de saisir des mains des autres atomes pour former des liens.

   Afin de développer l'idée de lien chimique, un étudiant propose de comparer la valence à une prise électrique du type « fiche de raccordement mâle et femelle ». Lorsque ces deux fiches sont réunies, le lien est établi. Dans cette comparaison, on imagine que les atomes sont munis de fiches, mâles ou femelles. La réunion de ces fiches assure des liens chimiques entre les atomes. Que penses-tu de cette comparaison ? Dans le but de justifier ta réponse, essaie de former une molécule d'eau au moyen d'un tel lien.

3. Dans le but d'illustrer ce qu'est une molécule, on propose l'explication suivante : « Une molécule ressemble à un genre de sac dans lequel on déposerait des atomes. C'est le sac qui assurerait la liaison entre les atomes ». L'explication est-elle valable pour bien comprendre le concept de molécule ? Explique ta réponse.

4. Peut-on comparer les liens atomiques à la situation suivante ? Une foule de gens jouent le rôle d'un groupe d'atomes et une nuée de mouches volant d'une personne à l'autre jouent le rôle de liens chimiques.

5. Sachant que « carbone possède une valence égale à quatre (comparable à 4 mains ou 4 crochets) et que l'hydrogène n'a qu'une seule valence, dessine, à l'aide des symboles de ces éléments, trois molécules différentes à trois atomes de « carbone et des atomes d'hydrogène (peu importe le nombre dans ce dernier cas).

6. Complète les réactions chimiques suivantes :

i) $Ca(OH)_2$ (chaux) + $2\,HCl$ (acide chlorhydrique) → $CaCl_2$ (chlorure de calcium) + ...

ii) $CH_4$ (méthane) + $2O_2$ (oxygène) → $CO_2$ (oxyde de carbone) + ...

iii) $2\,NaOH$ (soude) + $H_2SO_4$ (acide sulfurique) → $Na_2SO_4$ (sulfate de sodium) + ...

7. Qu'est-ce qu'un acide ?

a) C'est une substance qui, en solution dans l'eau, élève la concentration d'ions $H^+$.

b) C'est une substance qui présente une puissance hydronium (pH) supérieure à 7.

c) C'est une substance qui contient des molécules qui réagissent avec force.

8. Pourquoi un acide peut-il réagir sur de la rouille ?

a) Parce que la rouille n'a pas une valeur de pH assez puissante.

b) Parce qu'un acide et une base réagissent chimiquement pour former un sel.

c) Parce que les molécules de l'acide sont plus efficaces que les molécules de la rouille.

## SOLUTIONS DES EXERCICES

1. Le sens du mot « élément » appliqué aux pièces d'un moteur pourrait se rapprocher de celui attribué aux éléments de la matière à la condition de parler des moteurs en général. Il y a cependant un aspect très important à ne pas oublier. Un bloc de matière composé de deux éléments comporte un très grand nombre d'atomes de chaque élément, alors qu'un moteur ne comprend qu'un seul bloc-moteur, un seul vilebrequin, un seul carburateur, etc. Il devient donc difficile de défendre cette comparaison.

2. Les fiches mâles et femelles ne sont pas identiques. Le dispositif est conçu de manière à permettre à une fiche d'entrer dans l'autre. On sait que tous les atomes d'oxygène sont identiques. Il faudrait alors, pour chaque atome d'oxygène, deux fiches : une mâle et l'autre femelle. Ceci découle du fait que l'oxygène possède une valeur égale à 2 et que deux atomes d'oxygène doivent pouvoir se lier ensemble pour former une molécule d'oxygène $O_2$. Cette dernière se représente par le dessin suivant.

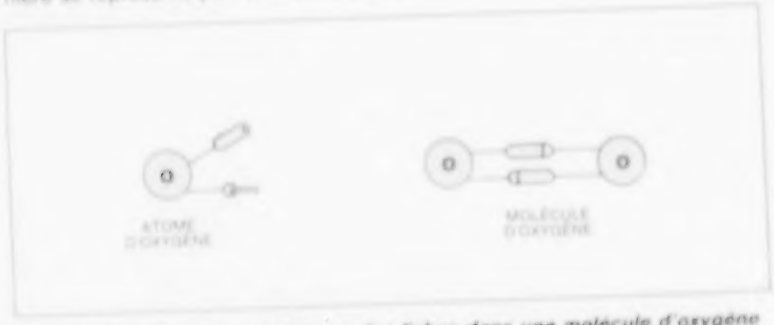



***Figure 38 : Liaisons hypothétiques des fiches dans une molécule d'oxygène***

Les fiches mâles sont poussées dans les fiches femelles. Ceci permet l'assemblage voulu, soit une molécule d'$O_2$. Tentons maintenant de construire une molécule d'eau. Comme tous les atomes d'hydrogène sont identiques, ils ont tous la même fiche, disons une fiche mâle. Tout ceci peut se visualiser de la façon suivante.

***Figure 39 : Liaisons hypothétiques des fiches dans une molécule d'eau***

On remarque immédiatement le problème créé. Cette représentation ne marche tout simplement pas. On ne peut réaliser la molécule d'eau avec de tels liens. La seule conclusion à tirer de cet exercice est la suivante. Les liens, que ce soit des mains, des crochets ou d'autres mécanismes, doivent être semblables. **Les valences sont donc identiques**. Dans les prises électriques à raccordement par fiches, on constate que les fiches ne sont pas identiques.

3. L'idée d'un sac dans lequel sont déposés des atomes ne peut pas conduire aux restrictions inévitables se rapportant aux valences. Prenons l'exemple des molécules formées d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène. Il y en a une seule et c'est la molécule d'eau $H_2O$. Avec le sac, on ne peut éviter le regroupement d'un atome d'oxygène et de trois atomes d'hydrogène. L'illustration du sac peut donc conduire à des fausses représentations.

4. Dans la comparaison des joueurs de balle molle (module d'acquisition 2), les joueurs gardent entre eux une distance qui varie peu. Cela découle du fait qu'ils échangent la balle, ce qui les oblige à demeurer constamment à la portée du lancer de leur coéquipier. Comment alors inclure cette réalité avec l'idée des mouches parmi les gens ? On serait même porté à penser que les mouches provoqueront l'éparpillement des gens. Le résultat observé serait donc contraire à celui recherché.

5.

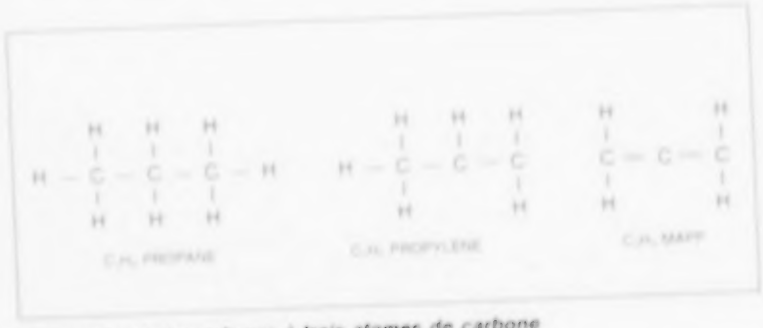



***Figure 40 : Hydrocarbures à trois atomes de carbone***

6. i) $Ca(OH)_2 + 2\,HCl \rightarrow CaCl_2 + 2\,H_2O$

   ii) $CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$

   iii) $2\,NaOH + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2\,H_2O$

7. (a)

8. (b)

ISBN 2-920859-32-3

FIN

FIN

Niveaux(x) d'enseignement : *
Centre d'intérêt : 874

Numéro EDUQ : 9970317

Simard, Paul-Aimé

Phénomènes chimiques en soudage / Paul-Aimé Simard, Richard Parent. --
[Sherbrooke] : Editions du CRP, [1990?]
2 v. (52, 52 p.) : ill. ; 28 cm. -- (Concepts scientifiques de base)

"Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke" -- Couv.
Dépouillement : v. 1 : La matière -- v. 2 : Les gaz

ISBN 2-920859-32-3

ISBN 2-920859-35-8

Vedette(s)-secondaire(s) : Parent, Richard * Université de Sherbrooke. Faculté d'éducation

Descripteur(s) : Techniques physiques * Chimie * Formation professionnelle * Manuel scolaire * Secondaire (Ordre d'enseignement)

Identificateur(s) de sujet : Soudage

Le manuel a été rédigé à l'intention des élèves en soudage du secondaire professionnel. Il aborde le domaine des phénomènes chimiques et expose des notions qui peuvent aider l'élève à mieux comprendre certains gestes qu'il exécute ou certains phénomènes qui se produisent lorsqu'il soude au gaz. Le manuel, divisé en deux cahiers, traite de la matière (atomes, molécules, réactions chimiques) dans le premier cahier et des gaz (pression, intérieur d'un gaz, lois des gaz, densité, détenteurs) dans le second. Dans le but d'aider l'élève à aborder chacun des thèmes, on met à sa disposition, au début de chaque thème, des fiches d'information qui indiquent les problèmes abordés et les objectifs généraux et spécifiques visés dans le thème. La matière est répartie en modules qui se terminent généralement par une synthèse et une série de questions permettant à l'élève de vérifier au fur et à mesure son degré de compréhension de la matière.

Type de document :
Notice(s) connexe(s) : 8970231, 8770549

# PHÉNOMÈNES CHIMIQUES EN SOUDAGE

## 2e cahier — Les gaz

Paul-Aimé Simard
Richard Parent

Éditions du CRP
Faculté d'éducation
Université de Sherbrooke

90-70317-B

# PHÉNOMÈNES CHIMIQUES EN SOUDAGE

## 2e cahier — Les gaz

*Paul-Aimé Simard,*
Professeur au département de Physique
de la Faculté des sciences de l'Université de Sherbrooke

*Richard Parent,*
Ingénieur en mécanique et chercheur
à l'Université de Sherbrooke

*Collaborateurs*: Hélène Hensler et Michel Aubé, professeurs au département de Pédagogie de la Faculté d'éducation de l'Université de Sherbrooke ainsi que Mario Ouellet, assistant de recherche diplômé en physique.

*Révision linguistique*: Gérard-Raymond Roy

*Typographie, montage et illustrations*: Ateliers de typographie Collette inc. de Sherbrooke

*Collection*: Concepts scientifiques de base

*Série*: Phénomènes chimiques en soudage

Ce matériel didactique a été réalisé grâce à une subvention accordée par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Science du Québec au programme « Recherche-développement pour les formateurs » de l'Université de Sherbrooke

**ISBN 2-920859-35-8**

© Éditions du Centre de ressources pédagogiques
Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke
(Québec) J1K 2R1

Dépôt légal: 2e trimestre 1990
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous les pays.

# LES GAZ

- Fiche d'information ..... 4
- Module d'introduction ..... 5
- Module d'acquisition 1 ..... 9
  *La pression*
- Module d'acquisition 2 ..... 16
  *L'intérieur d'un gaz*
- Module d'acquisition 3 ..... 23
  *Les lois des gaz*
- Module de prolongement 1 ..... 27
  *La densité d'un gaz*
- Module de prolongement 2 ..... 32
  *Les détendeurs*
- Fiche de synthèse ..... 36
- Fiche d'évaluation ..... 37
- Module de complément 1 ..... 39
  *Les gaz de support*
- Module de complément 2 ..... 44
  *La diffusion des gaz dans un métal*
- Module d'exercices ..... 49

## *FICHE D'INFORMATION*

*Problèmes abordés*

Ce deuxième cahier t'invite à poursuivre l'étude des phénomènes chimiques en soudage. Maintenant que tu devrais avoir mieux compris la nature de la matière, tu peux aborder un des états possibles de la matière, soit l'état gazeux. Comme tu utilises de nombreux gaz lors du soudage, l'étude des prochaines pages pourra t'aider à répondre à certaines questions dont les deux suivantes, présentées à titre d'exemples.

**La notion de pression est importante pour le soudeur. Tu sais qu'une pression plus élevée augmente la force de l'écoulement du gaz. Mais connais-tu la différence entre la notion de force et celle de pression?**

**Comment se fait-il que des gaz comme l'acétylène et le MAPP soient tous deux composés de carbone et d'hydrogène tout en présentant des caractéristiques différentes? Comment les propriétés des gaz peuvent-elles illustrer cette grande diversité de caractéristiques?**

*Objectifs visés*

**OBJECTIF GÉNÉRAL**

Définir ce qu'est un gaz et prédire son comportement lorsqu'il est soumis à certaines variables.

**OBJECTIFS SPÉCIFIQUES**

- Définir les propriétés d'un gaz.
- Faire la distinction entre la notion de force et celle de pression.
- Définir la relation mathématique qui exprime cette différence.
- Connaître les caractéristiques des particules d'un gaz.
- Reconnaître la loi des gaz et ses applications.
- Définir les notions de densité et de masse d'un gaz.
- Identifier les différentes parties d'un détendeur.
- Expliquer le fonctionnement d'une jauge à pression.
- Reconnaître les principales caractéristiques des gaz de protection utilisés dans les procédés TIG et MIG.
- Identifier la cause de la diffusion d'hydrogène dans un métal.
- Nommer les conséquences entraînées par le phénomène de diffusion sur les caractéristiques physiques d'un métal.

# *MODULE D'INTRODUCTION*

Depuis le début de ton cours de soudage, tu as déjà eu l'occasion de travailler avec des gaz. On t'a maintes fois parlé des dangers éventuels lors de la manipulation des bonbonnes et de tout l'équipement rattaché à un poste de soudage oxyacétylénique.

*Une bonbonne qui devient une fusée*

Voici le récit d'un accident qui s'est déjà produit dans une industrie. Il te rappellera la nécessité d'être toujours extrêmement prudent lors de la manipulation de l'équipement de soudage au gaz.

> **Un préposé s'affairait à décharger un camion livrant sa cargaison à un atelier de soudage. Cet homme devait descendre les bonbonnes et les placer sur un chariot semblable à ceux que tu as déjà vus en atelier. Par malheur, le livreur échappa une bonbonne du haut du camion. La tête de la bonbonne frappa le sol de plein fouet et fut arrachée sur le coup. Immédiatement, la bonbonne couchée sur le sol se mit en mouvement comme une fusée. Elle frappa un des murs de l'atelier et s'arrêta finalement contre une colonne de béton.**

Tu réalises facilement ce qui serait arrivé si cette bonbonne avait rencontré un ouvrier sur son chemin! Un accident grave venait d'être évité... de justesse. Ce récit souligne l'importance de transporter et d'attacher toutes les bonbonnes de gaz à un chariot sécuritaire. N'oublie jamais ces précautions!

Mais dis donc, sais-tu pourquoi la bonbonne de gaz s'est transformée en une sorte de fusée? Tu as l'idée que le phénomène est relié à la pression? Tu veux en savoir davantage? Nous t'invitons à lire ce cahier. Il t'apportera certains éclaircissements sur le sujet.

*Que connais-tu d'un gaz?*

Lorsque tu effectues une opération de soudage oxyacétylénique à l'atelier, tu utilises deux gaz qui alimentent la flamme de ton chalumeau. Mais qu'est-ce qui caractérise un gaz? Comment est-il structuré? Tu connais bien certaines caractéristiques de l'oxygène et de l'acétylène, mais qu'ont ces gaz en commun? Pourquoi sont-ils tous deux considérés comme gazeux?

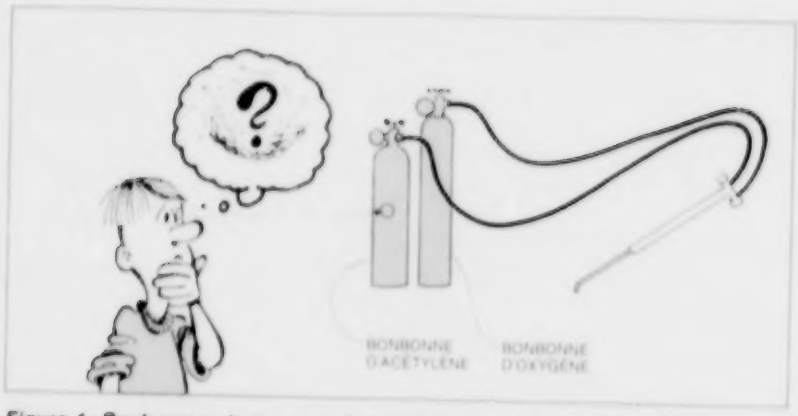



***Figure 1 : Bonbonnes de gaz pour le soudage oxyacétylénique***

Il n'est pas facile d'expliquer ce qu'est un gaz puisqu'on ne le sent pas toujours ni avec les mains ni avec le nez. Pis encore, il arrive qu'on ne le voit pas... il est pour ainsi dire invisible.

Plusieurs personnes pensent souvent qu'un gaz sent mauvais, qu'il fait mal aux yeux ou encore qu'il est dangereux pour la santé. C'est vrai pour un bon nombre de gaz. Tu n'as qu'à penser à ce qui provient du tuyau d'échappement des automobiles. Tu peux également songer à certaines usines spécialisées où les travailleurs doivent parfois porter des masques ou des lunettes pour manipuler des gaz industriels.

Cependant, il existe des gaz qui ne sont pas du tout dangereux pour la santé. Certains sont inodores (pas d'odeur), incolores (sans couleur) et transparents (invisibles). Un exemple ? Pense à ce qui est autour de toi, à ce que tu respires.

### *L'air... un gaz ?*

L'air est un gaz... oui ! On connaît son utilité puisqu'il nous permet de survivre, de respirer. L'air est un gaz composé de plusieurs autres gaz de base **ou éléments de base**. Rappelle-toi le cahier précédent où tu as appris que l'acétylène ($C_2H_2$) est composé de carbone (C) et d'hydrogène (H).

On retrouve dans l'air surtout de l'azote (79 %) et de l'oxygène (20 %). Quelques autres éléments comme l'argon s'y maintiennent en petites quantités. Le symbole chimique de l'azote est N et celui de l'oxygène est O. Tu peux, si tu le désires, retourner aux tableaux du cahier 1 et situer ces gaz.

Donc, on peut dire qu'il y a « quelque chose » dans l'air. Ce n'est pas le vide comme dans l'espace interplanétaire. Le problème, c'est qu'on ne voit pas ce « quelque chose ». Il est formé de particules extrêmement petites, si petites qu'on ne peut les voir !

Tentons cependant une expérience imaginaire. Diminuons notre grandeur des milliers de fois et allons faire un voyage d'exploration dans un gaz.

### *Découvre ce qu'il y a dans un gaz*

Tu as pu apprendre dans le cahier 1 que des particules forment l'intérieur d'un gaz. Il y a bel et bien présence d'atomes ou de molécules dans un gaz. Ces particules existent par milliers et se distribuent dans l'espace mis à leur disposition.

On découvre cependant qu'elles bougent beaucoup, qu'elles sont dans un état d'excitation. En effet, les particules se bousculent entre elles, frappent tous les obstacles sur leur passage et entrent dans tous les espaces imaginables.

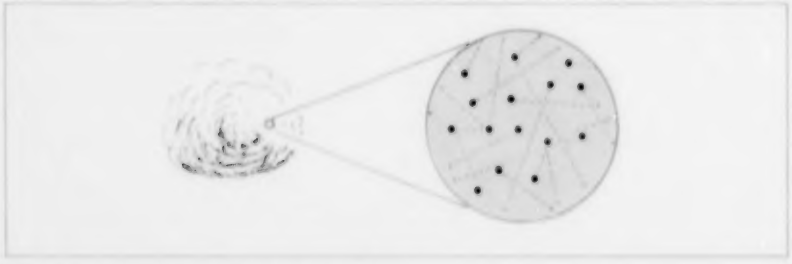


***Figure 2*: Mouvement des particules d'un gaz.**

Cela nous fait découvrir une première caractéristique d'un gaz. Contrairement à un solide et à un liquide qui, eux, occupent un espace restreint, le gaz s'étend, prend de l'expansion dans tout l'espace qui lui est disponible. C'est d'ailleurs pourquoi il nous faut garder un gaz dans un récipient fermé comme une bonbonne.

***Figure 3*: Récipients possibles des matières solides, liquides et gazeuses.**

**Première caractéristique d'un gaz**
**UN GAZ OCCUPE TOUT L'ESPACE DISPONIBLE.**

### *Un récipient extensible*

Imagine-toi maintenant en présence d'un récipient extensible. Est-ce que les particules d'un gaz peuvent prendre plus d'espace si on leur en donne la possibilité? La réponse est oui. Pense à un ballon ou à un pneu d'automobile. Lorsque tu gonfles un ballon ou un pneu de voiture, il se remplit d'air et devient ainsi plus gros, plus dur. Pourquoi cela?

C'est que toutes les particules contenues dans le gaz (ici, l'air) cherchent à prendre le plus d'espace possible. Elles exercent une force sur la paroi et cela, dans toutes les directions. Comme le matériau du pneu est légèrement extensible (caoutchouc), ces petites particules, en poussant, font étirer le caoutchouc. Le pneu devient plus gros, plus dur. On parle ici de poussée ou de **PRESSION** exercée par les particules.

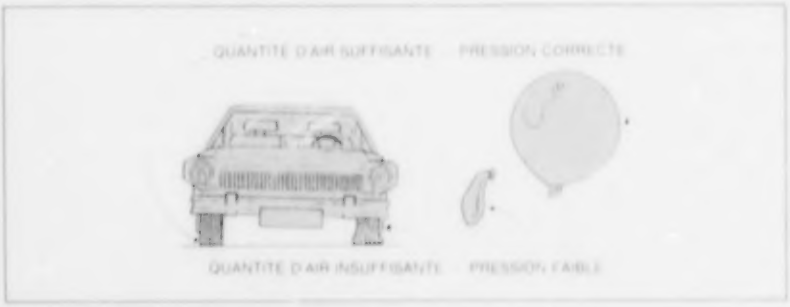



***Figure 4 : Poussée des particules d'air.***

**Deuxième caractéristique d'un gaz**
LES PARTICULES EXERCENT UNE PRESSION SUR LES PAROIS DU CONTENANT.

De façon à mieux comprendre ce qu'est un gaz, il serait important que tu t'attardes un peu sur cette notion de pression. C'est le but du module d'acquisition 1. Nous examinerons ensuite comment se comportent les particules à l'intérieur d'un gaz.

SAVAIS-TU QUE...

QUAND TU ENLÈVES LE BOUCHON D'UNE BOUTEILLE D'EAU GAZEUSE, LA PRESSION DIMINUE JUSQU'À ATTEINDRE LA VALEUR DE LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE. UNE PARTIE DU GAZ CARBONIQUE ($CO_2$) DISSOUS RETOURNE GRADUELLEMENT À LA PHASE GAZEUSE, S'ÉCHAPPE ET L'EAU GAZEUSE DEVIENT AINSI ÉVENTÉE.

# LA PRESSION

*La force et la pression*

Des gens disent souvent l'expression « Appuie avec une plus grande force, avec une plus grande pression » comme s'il s'agissait de la même chose. On note effectivement un rapprochement possible, mais ce n'est pas tout à fait semblable. Quelle est la différence entre les notions de force et de pression? As-tu déjà confondu ces deux notions?

De façon à aborder le problème, porte attention à la situation suivante qui se produit fréquemment dans le monde des camionneurs.

> **Un jour, un camionneur refusa d'entrer son véhicule dans la cour arrière d'une entreprise. Il marcha jusqu'à la bâtisse et dit au responsable qu'il ne pouvait effectuer sa livraison. L'homme estomaqué lui demanda des raisons, surtout qu'il était à cent mètres de la porte. Le chauffeur répondit que le terrain était en trop mauvais état et qu'il pouvait s'embourber dans la vase. Il ajouta qu'il aurait probablement tenté l'opération s'il avait été doté d'un camion à deux essieux au lieu d'un camion à un seul essieu.**

Interrompons ici cette histoire dont nous verrons le dénouement un peu plus loin dans ce module. Maintenant, peux-tu nous dire, par toi-même, pourquoi le camionneur aurait été plus confiant de tenter le passage avec un camion à deux essieux? Tu saurais répondre facilement si tu connaissais la différence entre les notions de force et de pression ou encore entre les notions de **poids** et de **pression**.

***Une question de surface de contact***

Prends un crayon et appuie le côté « gomme à effacer » sur la paume de ta main. Appuie avec une certaine énergie. Inverse ensuite le sens de ton crayon et appuie encore une fois avec la même énergie. Tu remarques une différence, la deuxième position s'étant avérée plus inconfortable. Tu as même pu ressentir un peu de douleur dans ce deuxième cas.

Dis-toi que, dans les deux cas, tu as exercé une **force** à peu près semblable sur la paume de ta main. Tu as mis un certain poids dans ta poussée. Cependant, la **pression** exercée sur ta paume n'a pas été semblable!

En réalité, la pression exercée dans le deuxième cas a été plus forte, c'est pourquoi tu as pu ressentir un peu de douleur. La raison qui explique ce phénomène se rapporte à la **surface de contact** sur laquelle la force a été mise en jeu. La force étant répartie sur une plus petite surface lors de la deuxième expérience, la pression s'est avérée augmentée.

*Des briques dans la neige*

Tu peux tenter une autre expérience, cette fois avec des briques, à l'extérieur de la maison. Place-toi devant un banc de neige qui n'a pas été touché et tapoté par des pas ou quoi que ce soit d'autre. Dans un premier temps, tiens une brique horizontalement et laisse-la s'enfoncer dans la neige.

Dans un second temps, tiens une brique identique à la première mais, cette fois-ci, verticalement. Laisse-la s'enfoncer dans la neige à son tour. D'après la première expérience tentée avec le crayon, peux-tu dire laquelle des briques, la première ou la deuxième, s'est enfoncée le plus profondément?

Si tu as répondu la deuxième, tu as raison. Pourrais-tu vérifier cette affirmation de façon mathématique? Oui! Mais pour ce faire, il faut connaître la définition de la pression. Nous t'avons dit que la pression était régie par la **force** en jeu et la **surface** de contact de cette force. On définit donc la pression par l'égalité suivante.

**La pression est égale à**
**la force divisée par l'aire**
**de la surface mise à l'épreuve.**

$$P = F/A$$

Revenons à notre exemple de briques et faisons ensemble le calcul. On considère une brique de 15 cm de longueur, 7 cm de largeur et 5 cm d'épaisseur. Imaginons qu'une brique pèse 2 kilogrammes. Examine bien la figure 5.

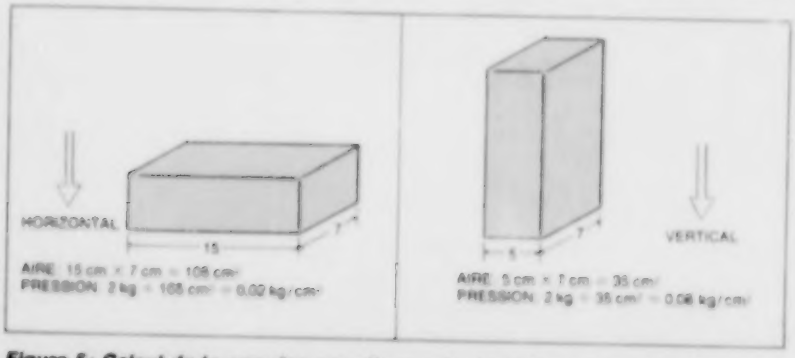



***Figure 5 : Calcul de la pression pour l'exemple des briques dans la neige.***

Voilà pourquoi la brique tenue de façon verticale va s'enfoncer plus profondément dans la neige. Malgré son poids identique à la première brique, elle exerce une pression trois fois plus élevée dans la neige (0,06 kg/cm² au lieu de 0,02 kg/cm²)*.

* Dans les unités SI, l'unité de pression est le pascal noté Pa. Cependant, on exprime souvent la pression en kilogramme par centimètre carré. Un kg/cm² équivaut à environ 100 kilopascals.

*On ne s'enfonce pas avec des skis*

L'exemple précédent nous amène au cas particulier du skieur qui prend conscience de la notion de pression à chaque fois qu'il va sonder le terrain sans avoir mis ses skis. Examine l'exemple et lis bien les explications.

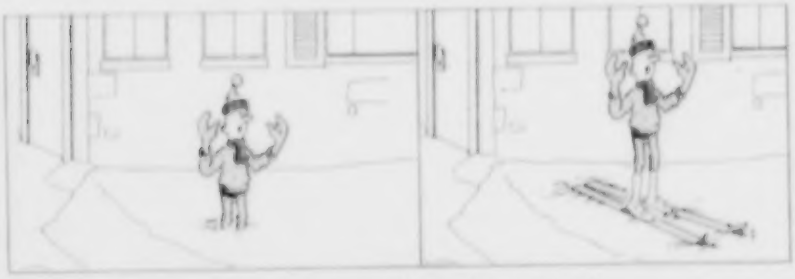


***Figure 6* : *Découvrons la notion de pression grâce à des skis.***

Ce personnage a une mauvaise surprise en marchant dans la neige puisqu'il s'enfonce assez profondément.

C'est que la force est répartie sur une petite surface, c'est-à-dire que le poids du personnage s'applique sur la surface de ses bottes.

Par exemple, un poids de 70 kg sur une aire de 400 $cm^2$ donne une pression de 0,175 $kg/cm^2$.

Cette fois-ci, notre personnage n'a pas le même problème: il ne s'enfonce presque pas.

C'est que la force est maintenant répartie sur une plus grande surface, c'est-à-dire que le poids du personnage s'applique sur la surface des skis.

Par exemple, un poids de 70 kg sur une aire de 1000 $cm^2$ donne une valeur de pression de 0,070 $kg/cm^2$. La valeur étant moins élevée que dans le premier cas, notre skieur s'enfonce moins profondément.

L'exemple du skieur peut paraître simpliste, mais nous avons cru bon te le présenter, car il confirme de façon visuelle la différence entre les notions de force et de pression. Cette première approche devrait te faciliter l'étude de la pression en ce qui concerne les bonbonnes de gaz.

**La force ne dépend que du poids en présence**
TANDIS QUE
**la pression dépend du poids et de la surface mise à l'épreuve.**

| NOTION | FORCE | PRESSION |
|---|---|---|
| SYMBOLE | F | p |
| UNITÉ DE MESURE POSSIBLE | kg | $kg/cm^2$ |

*La réponse du camionneur*

Tu peux maintenant expliquer la réponse donnée par le camionneur dans l'anecdote présentée au début du module. Pourquoi aurait-il eu plus de chance de passer sur un terrain difficile si son véhicule avait été muni de deux essieux au lieu d'un seul? Tu as deviné que le poids du chargement aurait été mieux réparti sur deux essieux. En fait, la pression aurait été diminuée, ce qui aurait sûrement rendu le passage plus sécuritaire. Le camionneur connaissait donc très bien son métier. Il voulait tout simplement diminuer le risque de s'embourber dans la vase!

*Quelques notions de géométrie*

Tu viens de voir que le calcul de la pression nécessite la connaissance d'une surface carrée ou aire. Les exemples cités précédemment n'ont demandé qu'un simple calcul pour évaluer cette aire. On a multiplié les valeurs de longueur et de largeur. Cependant, il n'en est pas toujours de même. Certaines surfaces présentent des formes différentes. Faisons donc ensemble un peu de révision concernant des mathématiques de base. L'aire d'une surface s'obtient selon les règles de la géométrie. Voici quelques notions rattachées à ces règles.

| | | |
|---|---|---|
| CARRÉ | | figure à quatre côtés égaux disposés à angle droit (90°);<br>longueur de chaque côté: a<br>aire du carré: $A = a \times a = a^2$ |
| RECTANGLE | | figure à quatre angles droits dont les côtés sont égaux seulement deux à deux;<br>longueur des côtés: a et b<br>aire du rectangle: $A = a \times b = ab$ |
| CERCLE | | figure formée d'une courbe dont la distance au centre est toujours la même;<br>rayon du cercle: r<br>aire du cercle: $A = \pi \times r \times r = 3{,}1416\, r^2$ |

***Figure 7a: Méthodes de calcul d'aire pour trois surfaces en deux dimensions.***

| | | |
|---|---|---|
| SPHÈRE | | figure formée d'une surface en trois dimensions de distance constante du centre;<br>rayon de la sphère: R<br>aire de la sphère: A = 4 × π × R² = 12,5664 R² |
| CYLINDRE | | figure de la forme d'un tuyau fermé de longueur L et de rayon r<br>aire du cylindre: aire latérale + aire des deux bouts<br>aire du cylindre: A = 2 × 3,1416 r × L + 2 × 3,1416 r² |

***Figure 7b*: Méthodes de calcul d'aire pour deux surfaces en trois dimensions.**

Le carré, le rectangle et le cercle forment des surfaces en deux dimensions. En d'autres mots, ce sont des figures qui occupent une surface plane lorsqu'on les dessine sur une feuille. La sphère et le cylindre se représentent dans l'espace à trois dimensions (longueur, largeur et hauteur).

La bonbonne de gaz que tu utilises à l'atelier ressemble à la dernière figure étudiée, soit au cylindre. Une bonbonne posée verticalement sur le plancher occupe un espace au sol (deux dimensions) et possède une hauteur (troisième dimension). Le calcul de l'aire intérieure de cette bonbonne demande donc la connaissance de toutes ces données.

*Des exemples!*

Voyons maintenant ensemble quelques exemples concrets qui devraient t'aider à mieux comprendre la matière que tu viens de lire.

Considère une colonne de bois de forme carrée qui est installée dans une cabane pour supporter le poids d'une nouvelle toiture. La charge en cause est évaluée à 100 kg. On mesure le côté « a » de la colonne et on obtient 30 cm. L'aire A vaut donc 900 cm² ($A = a^2$). La pression exercée par cette colonne sur le plancher se calcule de la façon suivante.

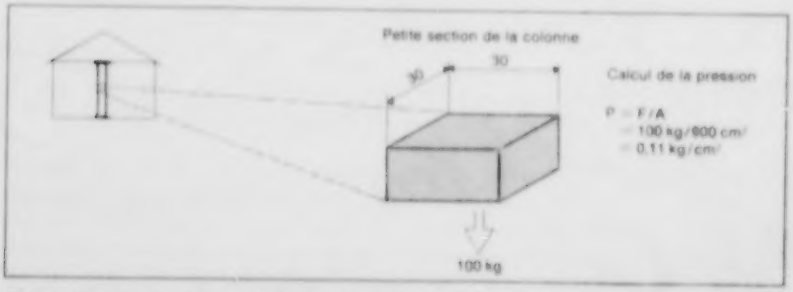



***Figure 8: Calcul de la pression exercée par une colonne de forme carrée.***

La colonne exercera donc une pression de 0,11 kilogramme par centimètre carré. On essaie maintenant de s'imaginer quelle pression aurait été exercée par une colonne de forme différente. Prenons l'exemple d'une colonne rectangulaire de 20 cm (a), par 40 cm (b). Son aire se calcule comme suit. La valeur A équivaut à ab, soit 800 $cm^2$. La pression exercée par cette nouvelle colonne aurait donc été plus élevée, car la surface mise à l'épreuve est plus petite.

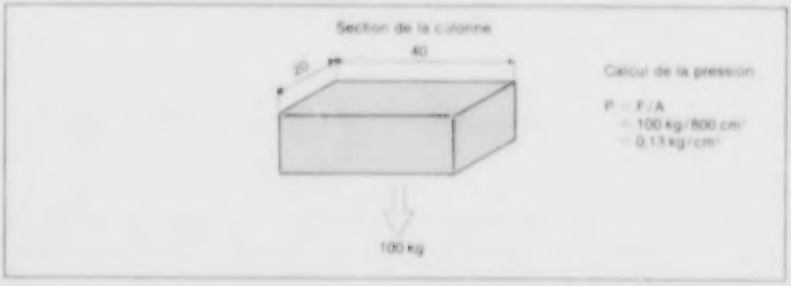



***Figure 9: Pression exercée par la colonne rectangulaire.***

On obtient effectivement une valeur de pression supérieure au premier cas, soit 0,13 kg/$cm^2$ (par rapport à 0,11 kg/$cm^2$). Finalement, on essaie de deviner quelle sera la valeur de la pression exercée par une colonne circulaire présentant un diamètre de 30 cm. Si on superpose le dessin de notre troisième colonne sur celui de la colonne de forme carrée, on constate que la surface du cercle est légèrement inférieure à celle du carré. On devrait donc obtenir une pression encore une fois supérieure à celle obtenue dans le premier cas.

L'aire d'un cercle utilise une formule avec le rayon (r) et non le diamètre (d), soit $\pi r^2$. Cette aire vaut donc, dans le cas présent, 3,1416 × $(15)^2$ = 707 $cm^2$.

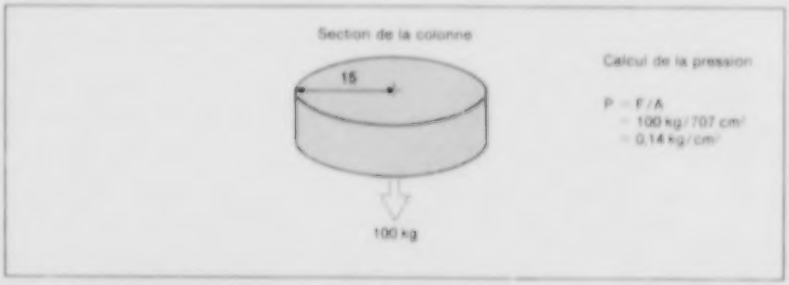



***Figure 10: Pression exercée par la colonne circulaire.***

La valeur de pression obtenue est non seulement supérieure à celle obtenue dans le premier cas, mais elle surpasse également celle du deuxième cas. On peut constater ici l'importance d'appuyer certaines affirmations par des calculs. En effet, il aurait été facile de supposer que la poutre carrée avait une surface inférieure à celle de la poutre rectangulaire. Les apparences pouvaient nous laisser croire une telle chose.

Les exemples précédents ont utilisé des surfaces en deux dimensions, soit le carré, le rectangle et le cercle. Nous aurions pu faire un exemple de calcul d'aire en trois dimensions avec une bonbonne de gaz. Celle-ci, en réalité, n'est qu'un cylindre surmonté d'une demi-sphère. Cependant, tu verras dans le module sur la loi des gaz que ce calcul n'est pas utile pour étudier la variation de pression en fonction d'une variation de volume (de la bonbonne).

*La pression en soudage*

Maintenant que tu as compris la notion de pression abordée sous sa forme générale, il serait temps de faire le lien avec le soudage. As-tu déjà remarqué les unités de pression indiquées sur les manomètres des détendeurs utilisés en soudage. Il y a deux possibilités, soit le nombre de livres par pouce carré si les manomètres sont calibrés d'après le système anglais, ou le nombre de kilopascals (kilonewtons par mètre carré) si les manomètres sont calibrés d'après le système international SI.

Cependant, on remarque une chose importante. Quelle que soit l'unité choisie, elle s'exprime toujours sous la forme d'une unité de force sur une unité d'aire. N'est-ce pas semblable à notre définition de la pression (page 10)?

Lorsque tu y penses sérieusement, l'intérieur d'une bonbonne de gaz possède une surface de contact bien précise. De plus, la quantité de gaz insérée à l'intérieur de cette bonbonne exerce une poussée, une force sur chaque unité de surface de cette paroi. C'est la pression existant à l'intérieur de la bonbonne qui est indiquée sur un manomètre particulier.

De façon à bien comprendre comment se comporte le gaz dans ta bonbonne, nous te proposons la lecture des modules suivants. Tout d'abord, il serait bon que tu visualises le comportement des particules de gaz. Ceci fait l'objet du prochain module. Ensuite seulement, tu pourras aborder les lois des gaz et te familiariser avec le fonctionnement des détendeurs.

- Dis-nous en tes propres mots la différence entre la notion de force et celle de pression? _____

- Quelle est l'aire d'un cylindre de 10 cm de diamètre et de 30 cm de longueur? _____

# L'INTÉRIEUR D'UN GAZ

Tu sais déjà que toute matière est formée d'atomes ou de regroupements d'atomes (molécules). Ces molécules sont non seulement présentes dans un bloc de métal que tu soudes, mais elles le sont également dans un gaz que tu utilises pour permettre cette soudure, par exemple l'acétylène. Il serait bon que tu visualises ce qui se passe à l'intérieur d'un gaz pour mieux en comprendre la nature.

### *Les caractéristiques des particules d'un gaz*

Avant d'aborder la comparaison qui pourra t'aider à mieux visualiser l'intérieur d'un gaz, rappelle-toi quelques caractéristiques d'un gaz que tu connais déjà.

Tout d'abord, ces particules sont extrêmement **petites**, invisibles à l'oeil nu. Ensuite, tu sais que ces particules sont en **mouvement** incessant. Enfin, tu as appris que les particules d'un gaz exercent une **poussée** sur les parois du contenant.

### *Une superballe!*

Essayons maintenant d'imaginer une situation qui peut être observée aisément et qui est comparable à ce qu'on trouve à l'intérieur d'un gaz. As-tu déjà eu l'occasion de jouer avec une superballe? Les rebonds de ce genre de balle sont non seulement beaucoup plus puissants que ceux d'une balle ordinaire, mais également plus nombreux. Une superballe peut donc apporter bien des surprises lorsqu'elle rencontre des obstacles sur son chemin.

Considère l'expérience suivante. Imagine une grande pièce fermée dans laquelle tu lances très fortement une superballe par un petit orifice. Que se passe-t-il?

***Figure 11: Lancement d'une balle dans une pièce fermée.***

La balle frappe la paroi du haut puis celle du côté, puis celle d'en bas, puis une autre et une autre encore... Elle heurte ainsi les différents murs à très grande vitesse et les changements de direction sont tellement rapides qu'il est presque impossible de la suivre.

Place maintenant dans l'orifice du mur un lance-balles que l'on pourrait appeler « mitrailleuse à superballes ». Mets-la en marche de façon à ce qu'elle lance un grand nombre de balles. L'activité dans la pièce devient très grande dans la pièce. Il y a beaucoup de collisions dans tous les sens et de façon très rapide.

Imagine pouvoir placer la main sur le trou d'envoi des balles. Il se produit un phénomène bien connu. Lorsqu'une balle rebondit à cet endroit, elle te frappe la main, ce qui a pour effet de la faire reculer quelque peu. Ta main subit donc une certaine « pression ».

*Les chocs et la pression*

Ce que tu viens de lire peut paraître surprenant. On parle de pression alors que ta main ne subit qu'un choc bref en un point bien précis. Cela ne semble pas rejoindre notre définition de la pression qui considère une surface entière. Cependant, il ne faut pas seulement imaginer l'événement instantané du choc de la balle sur la main. Il faut essayer de comprendre qu'un très grand nombre de chocs résultant des rebonds de très petites balles produit une action qui devient continue. La main subit alors une pression continue sur toute la surface du trou.

En résumé, si on veut vraiment que notre comparaison soit plus représentative de l'intérieur d'un gaz, il faut supposer ce qui suit. Il faut visualiser les superballes comme des projectiles extrêmement minuscules. Seule l'aide d'un microscope pourrait nous aider à les percevoir. De plus, le nombre de superballes atteint une valeur astronomique, soit des milliards de milliards. Elles ont donc la possibilité de te frapper la main à des milliers d'endroits différents et cela, même si le trou est très petit. Des rebonds sont provoqués sans arrêt sur toute l'aire du trou et ta main ressent une pression de façon continue.

***Figure 12: Pression des superballes sur la main.***

Tu peux remarquer sur cette figure un effet ressenti qui semble continu et uniformément distribué sur l'aire du trou. On considère le phénomène global pour en arriver à conclure que la force est appliquée partout. On pourrait finalement calculer la valeur numérique de cette pression en utilisant la formule déjà apprise: la force divisée par l'aire de la surface du trou, soit la surface sur laquelle s'exerce cette force.

*Particules de gaz et superballes*

Compare maintenant la situation que nous venons de te décrire à ce qui se produit dans une bonbonne de gaz. Lis bien les explications situées à gauche et compare-les à celles de droite.

***Figure 13. Comparaison « superballes — molécules de gaz ».***

| | |
|---|---|
| Les superballes sont minuscules par rapport aux dimensions de la salle. | Les molécules de gaz sont tellement minuscules qu'on ne les voit pas à l'oeil nu. |
| Les superballes ne sont pas liées ni attachées entre elles. | Les molécules de gaz ne sont pas liées ni attachées entre elles. |
| Les superballes vont dans toutes les directions après avoir heurté les parois. | Les molécules de gaz vont dans toutes les directions après avoir heurté les parois. |
| Les superballes ont tendance à prendre le plus d'espace possible. | Les molécules ont tendance à prendre tout l'espace disponible. |
| Les superballes, par l'effet des chocs, imposent une force sur les murs; ainsi, il existe une pression dirigée vers l'extérieur de la pièce. | Les molécules, par l'effet des chocs, imposent une force sur les parois; ainsi, il existe une pression dirigée vers l'extérieur de la bonbonne. |

Tu vois que le rapprochement est en fait très simple. Un gaz contient effectivement des atomes et ces particules se déplacent de façon très rapide dans toutes les directions.

SAVAIS-TU QUE...

IL N'Y A PAS DE PERTES D'ÉNERGIE DUES AUX FRICTIONS, AUX COLLISIONS ET AUX CHOCS ENTRE LES ATOMES DE GAZ. LES CHOCS SONT PARFAITEMENT ÉLASTIQUES ET C'EST POURQUOI LES GAZ SONT EN CONSTANTE ACTIVITÉ CONTRAIREMENT AUX SUPERBALLES QUI FINISSENT PAR S'ARRÊTER.

*La pression exercée par les gaz*

La dernière partie de la comparaison a de nouveau présenté la notion de pression. Tu as compris que tout gaz exerce une pression sur les parois du contenant dans lequel il se trouve.

Tu sais déjà que la pression s'exprime comme la force appliquée sur une surface divisée par l'aire de cette surface. Pour mieux visualiser l'effet de la pression, considère une petite surface, disons un centimètre carré. On prend la force en kilogrammes et la surface éprouvée en $cm^2$. La division de la première par la deuxième donne une valeur exprimée en kilogrammes par centimètre carré ou $kg/cm^2$.

À titre d'exemple, considère les deux cas suivants. Prenons une bouteille dans laquelle on aurait fait le vide. Une pression agit sur cette bouteille. C'est la pression atmosphérique, soit la pression exercée par l'air environnant. Elle vaut environ 1 $kg/cm^2$. Cela signifie que chaque $cm^2$ de la bouteille résiste à une force de 1 kg qui cherche à l'écraser.

Dans le cas d'une bonbonne de gaz, la pression intérieure excède fortement la pression de l'air extérieur. La force produite par le gaz sur chaque $cm^2$ de la bonbonne tend à la faire éclater. C'est une pression qui agit cette fois de l'intérieur vers l'extérieur. Par exemple, on livre fréquemment les bonbonnes d'oxygène à 15 286 kPa ou 156 $kg/cm^2$. Cela signifie que chaque $cm^2$ à l'intérieur de la bonbonne résiste à une force de 156 kg.

***Figure 14 : Pression vers l'intérieur ou vers l'extérieur!***

Lorsque tu utilises tes bonbonnes de gaz pour le soudage à la flamme oxyacétylénique, tu dois manipuler un instrument précis disposé sur les bonbonnes, soit le détendeur anciennement appelé manodétendeur. Il te permet de régler la valeur de la pression de sortie des gaz. Un manomètre donnera un aperçu approximatif de la quantité restante de gaz. N'allons cependant pas trop loin dans ces explications, puisque nous avons réservé un module particulier pour ces notions.

*Un gaz liquide!*

La manipulation des bonbonnes de gaz conduit parfois à certaines surprises. Par exemple, le gaz propane sous pression est un liquide. Regarde attentivement les deux illustrations de la figure 15.

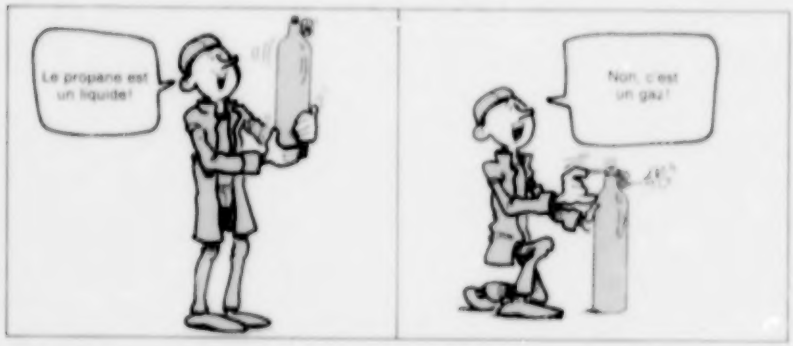



***Figure 15: Deux avis différents concernant le propane.***

Quelle différence importante peux-tu déceler entre ces deux situations? Voyons cela ensemble. Dans les deux cas, la bonbonne a été remplie de propane à pleine capacité.

Considérons le dessin de la partie gauche de la figure 15.

La valve de sortie du gaz est **fermée**.

La pression à l'intérieur de la bonbonne est très **élevée**.

Le propane est liquide. Ceci se vérifie facilement lors de la manipulation de la bonbonne. Tu peux entendre un léger bruit de liquide provenant de l'intérieur de cette bonbonne.

Considérons le dessin de la partie droite de la figure 15.

La valve de sortie du gaz est **ouverte**.

La pression à l'intérieur de la bonbonne s'est **abaissée**.

Le propane sortant de la valve est un gaz. Ceci se vérifie facilement en plaçant ta main dans le jet de gaz. Aucun liquide ne sort de la bonbonne.

En réalité, les deux constatations faites par notre utilisateur de gaz propane sont correctes. Tous les gaz connus peuvent se liquéfier dans la mesure où la température devient suffisamment basse et la pression assez élevée.

Tu connais déjà un exemple illustrant cette propriété, soit l'ébullition de l'eau. L'eau est un liquide, mais elle se transforme en vapeur (gaz) lors d'un chauffage. De même, l'eau peut bouillir si la pression est diminuée à l'aide d'une pompe à vide. Quant au propane, il bout déjà à la pression atmosphérique. Ainsi, le fait d'ouvrir la valve de sortie de la bonbonne de gaz propane abaisse la pression et le liquide se met à bouillir. Le gaz à la sortie de la valve se compare donc à ce la «vapeur de propane».

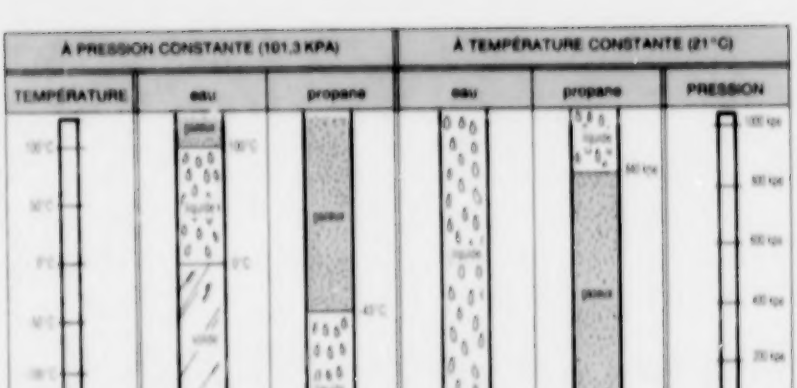



***Figure 16 : Comparaison des températures et des pressions d'ébullition de l'eau et du propane.***

### *Un gaz en solution dans un liquide*

Une deuxième propriété des gaz est souvent utilisée dans l'industrie. Cette propriété permet aux gaz de se dissoudre dans des liquides. Un exemple bien connu est celui de l'air qui se dissout en faible proportion dans l'eau. Dans ce sens, les pisciculteurs s'assurent d'une oxygénation adéquate de l'eau au moyen de petits jets d'eau; ceci permet aux poissons de mieux respirer.

Un autre exemple, bien connu des soudeurs, vient illustrer cette même propriété des gaz, soit l'acétylène qui est livré dans des bonbonnes assez particulières. En effet, ce gaz peut entrer en solution dans de l'acétone. Il est plus sécuritaire de l'accumuler sous cette forme plutôt que de le comprimer simplement dans une bonbonne. En effet, l'acétylène, sous l'effet de la chaleur ou de la pression, peut se décomposer de façon spontanée en ses éléments (carbone et hydrogène); il devient alors plus explosif. L'acétone peut dissoudre une grande quantité d'acétylène sans risquer cette décomposition dangereuse.

La quantité de gaz en solution dépend fortement de la pression intérieure de la bonbonne. Cette pression correspond évidemment à celle indiquée sur le manomètre à la sortie de la bonbonne d'acétylène. Lorsque la valve de sortie de gaz est ouverte, la pression à l'intérieur s'abaisse légèrement. Les molécules d'acétylène cherchent alors à quitter le liquide. Il en résulte un jet d'acétylène gazeux, le solvant liquide demeurant à l'intérieur de la bonbonne.

### *Une modification des conditions environnantes*

Tu viens de constater l'importance des valeurs de température et de pression sur le comportement d'un gaz. Un autre facteur est également très important. C'est le volume du contenant dans lequel le gaz est enfermé. Nous te posons donc la question suivante qui se rapporte à la comparaison de la superballe. Selon toi, que se produirait-il si nous utilisions la même quantité de superballes mais dans une pièce plus grande? Cela est important puisqu'il existe

un rapprochement avec le soudage. Que se produit-il si une quantité de gaz bien précise est transférée dans une bonbonne plus grande? Ce problème nous amène à parler des conditions qui influencent les caractéristiques d'un gaz. Après avoir répondu aux quelques questions synthèses qui résument le module, nous te proposons le module suivant qui porte le titre « Les lois des gaz » et qui détaille la matière relative à ces conditions environnantes.

- En quoi des superballes ressemblent-elles à des molécules de gaz ?

- Pourquoi le propane est-il à l'état liquide dans une bonbonne ?

## SAVAIS-TU QUE...

L'OXYGÈNE DESTINÉ AU SOUDAGE PEUT ÊTRE LIVRÉ À L'ÉTAT GAZEUX OU LIQUIDE. LES PRINCIPAUX AVANTAGES DE L'OXYGÈNE LIQUIDE SONT UN CONTENU DE BONBONNE PLUS IMPORTANT ET, PAR CONSÉQUENT, UNE ÉCONOMIE DANS LA MANIPULATION, LE TEMPS ET L'ESPACE.

LES DEUX INCONVÉNIENTS MAJEURS DE L'UTILISATION D'UNE BONBONNE D'OXYGÈNE LIQUIDE SONT LA POSSIBILITÉ D'ÉVAPORATION SI LE DÉBIT EST RESTREINT ET LE DANGER D'ENGELURES S'IL Y A CONTACT ACCIDENTEL AVEC LA PEAU OU LES YEUX.

# LES LOIS DES GAZ

Tu devrais maintenant mieux connaître ce qui compose un gaz et de quelle façon il se comporte dans une bonbonne. Tu dois donc être prêt à poursuivre ton étude des gaz. Nous voulons aborder avec toi les lois qui caractérisent ces gaz. En effet, des scientifiques ont découvert que tout gaz respecte une loi générale qu'on peut décomposer en trois sous-lois. Voici tout d'abord la loi présentée sous sa forme générale telle que les spécialistes l'ont énoncée.

*La loi des gaz*

**La pression existant dans une bonbonne de gaz, lorsqu'elle est multipliée par le volume occupé, est toujours proportionnelle à la quantité de gaz multipliée par la température existant à l'intérieur de la bonbonne.**

$$pV = nKT$$

- p : pression existant à l'intérieur de la bonbonne (Pa ou $N/m^2$)
- V : volume interne de la bonbonne ($m^3$)
- n : nombre de molécules de gaz contenues dans la bonbonne
- K : constante de proportionnalité ($N.m/^\circ K$)
- T : température régnant à l'intérieur de la bonbonne ($^\circ K$)

De façon à mieux comprendre cette loi, décomposons celle-ci en trois sous-lois. Pour chacun des trois aspects possibles, effectuons ensemble une petite expérience avec une bonbonne de gaz.

*Premier aspect : la loi en fonction du volume*

Imagine la situation suivante. Injectons une quantité considérable de gaz à l'intérieur d'une certaine bonbonne. Les particules de ce gaz sont très serrées les unes contre les autres, car l'espace est restreint. Leur mouvement très rapide provoque un grand nombre de chocs sur les parois. Ainsi, une grande pression règne à l'intérieur de cette bonbonne.

Prenons maintenant la même quantité de gaz et insérons-la dans une deuxième bonbonne, **cette dernière étant deux fois plus grosse**. Quelle situation retrouvons-nous ? Comme les particules ont plus d'espace entre elles, les chocs sont moins nombreux et la pression moins élevée. En fait, si la bonbonne est exactement deux fois plus grosse, la pression* y sera deux fois moins forte. Cela peut faire penser à notre comparaison de la superballe du module d'acquisition 2. La même quantité de superballes transférée dans une pièce deux fois plus grande entraînera une pression plus faible sur la main.

* Il s'agit de la pression, donc de la force par unité de surface, et non de la force totale appliquée à toute la surface intérieure de la bonbonne. Voilà pourquoi le calcul de l'aire intérieure de la bonbonne n'est pas nécessaire.

Examinons si cette situation est respectée dans la loi des gaz. Imaginons une valeur de V deux fois plus grande dans la formule pV = nKT. Pour que l'égalité soit respectée, la valeur de nKT n'ayant pas changé, il faut donc que la valeur de p soit deux fois plus faible.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Au départ, on a | pV | = | nKT |
| V devient 2V, ainsi | p(2V) | | |
| p doit égaler $\frac{p}{2}$ | $\frac{p(2V)}{2}$ | = | nKT |
| On revient donc à | pV | = | nKT |

***Figure 17 : Modification du volume de la bonbonne.***

La figure confirme la première conclusion émanant de ton étude de la ... des gaz.

**Une augmentation du volume d'un contenant de gaz entraîne une diminution de la pression imposée par les particules de ce gaz.**

### *Deuxième aspect : la loi en fonction de la quantité*

Imagine maintenant ce qui se produit si tu augmentes la quantité de gaz dans une bonbonne. Les particules étant plus nombreuses dans un même espace, les chocs sont plus nombreux. Il en résulte une augmentation de la pression.

Examinons si cette situation est respectée dans la loi des gaz. Imaginons une valeur de n (quantité) deux fois plus grande dans la formule pV = nKT. Pour que l'égalité soit respectée, les valeurs de V, K et T n'ayant pas changé, il faut donc que la valeur de p soit également deux fois plus grande.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Au départ, on a | pV | = | nKT |
| n devient 2n, ainsi | | | (2n)KT |
| p doit égaler 2p | (2p)V | = | (2n)KT |
| On revient donc à | pV | = | nKT |

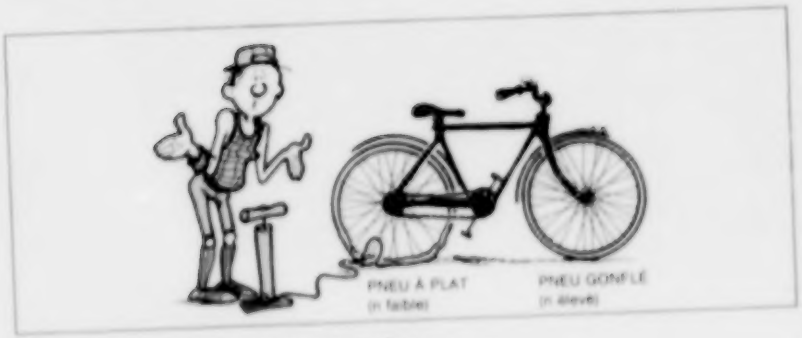



***Figure 18 : Modification de la valeur de n.***

Une deuxième conclusion peut donc être tirée à ce moment-ci de ton étude.

**Une augmentation de la quantité de gaz dans un contenant entraîne une augmentation de pression dans ce contenant.**

Ainsi, la quantité de gaz à l'intérieur d'une bonbonne dépend directement de la valeur de la pression indiquée sur le manomètre destiné à cette fin.

Lorsque tu effectues une opération de soudage oxyacétylénique à l'atelier, as-tu remarqué que la pression diminue au fur et à mesure que tu utilises du gaz? La bonbonne se vide graduellement, ce qui cause une diminution de la pression. Pour que la pression s'élève, il faut remplir à nouveau la bonbonne. Remarque la pression élevée des bonbonnes neuves qui arrivent à l'atelier.

### *Troisième aspect : la loi en fonction de la température*

Tu as sûrement déjà entendu les mises en garde contre le fait de placer les bonbonnes de gaz non loin des sources de chaleur. En effet, il est très dangereux d'approcher tout contenant mis sous pression d'une source de chaleur comme un appareil de chauffage. Sais-tu pourquoi? Est-ce que la loi des gaz ne pourrait pas t'aider à comprendre le phénomène? Essaie de le vérifier par toi-même!

Pense un peu à ce qui suit. On a découvert que les particules gazeuses à l'intérieur d'un contenant ont la propriété d'être **encore plus actives lorsque la température augmente**. Elles ont tendance à bouger plus vite, à entrer en collision de façon plus violente. Automatiquement, tu devines que la pression augmente. Une pression dans un contenant fermé ne peut pas augmenter indéfiniment sans qu'il y ait danger. À un certain moment, la force imposée sur les parois du contenant devient tellement élevée que ce contenant explose.

Vérifions cela ensemble avec la formule de la loi des gaz. Imaginons une valeur de T deux fois plus élevée dans la formule $pV = nKT$. Pour que l'égalité soit respectée, les valeurs de V, n et K demeurant inchangées, il faut donc que la valeur de p soit deux fois plus élevée.

| | | |
|---|---|---|
| Au départ, on a | $pV$ | $= nKT$ |
| T devient 2T, ainsi | | $nK(2T)$ |
| p doit égaler 2p | $(2p)V$ | $= nK(2T)$ |
| On revient donc à | $pV$ | $= nKT$ |

**Une augmentation de la température d'un contenant de gaz entraîne une augmentation de la pression dans ce contenant.**

Si la valeur de T augmente continuellement, la valeur de p augmente dans les mêmes proportions. À un certain moment, le danger d'explosion est inévitable. C'est pourquoi il apparaît indiqué sur tous les contenants en aérosol une mise en garde comme « tenir éloigné des caloriféres » ou « ne pas exposer à une flamme ». Tu peux vérifier à la maison les canettes de peinture, les désodorisants, ou tout autre produit en aérosol. Tu verras !

***Figure 19 : Effet dangereux de la chaleur sur les contenus sous pression.***

■ Récapitule en tes propres mots la loi des gaz ? Comment s'écrit-elle ? _____

_____

_____

■ Que devient la pression interne d'une bonbonne si l'on diminue d'un facteur deux la quantité de molécules de gaz et que l'on double la température régnant à l'intérieur de cette bonbonne ? _____

_____

# LA DENSITÉ D'UN GAZ

Avant de passer à l'étude des détendeurs, nous te proposons une lecture supplémentaire. Il existe une autre caractéristique des gaz qui pourrait t'aider à mieux comprendre certains phénomènes reliés au soudage. C'est la notion de **densité**.

## *Qu'est-ce que la densité ?*

Tu sais très bien par expérience que des matériaux de mêmes dimensions peuvent avoir des poids différents. Une boîte de sable est plus lourde qu'une boîte identique remplie de plumes. Un bloc de ciment est plus lourd qu'un bloc de bois. Tout ceci est expliqué par la densité du matériau. C'est une caractéristique qui touche la masse d'un certain volume de ce matériau.

En fait, la densité d'un corps est son rapport masse/volume. Par exemple, l'eau a une densité de 1g/cm³, ce qui signifie que 1 cm³ d'eau pèse 1 g. On utilise fréquemment cette caractéristique de l'eau pour déterminer la densité de plusieurs matériaux ou substances. C'est pourquoi il peut arriver qu'on définisse la densité de la façon suivante.

> **La densité est la comparaison de la masse d'un certain volume d'un corps homogène avec la masse du même volume d'un corps mieux connu comme l'eau.**

Ainsi, on peut choisir un volume d'un corps sur lequel on travaille (un solide, un liquide ou un gaz), en déterminer la masse et comparer cette mesure à celle déjà connue de l'eau.

Prenons un exemple plus précis qui se rapporte au domaine du soudage. Tu sais déjà que tous les matériaux ont des caractéristiques propres. Certains métaux que tu soudes sont plus denses que d'autres. Par exemple, le fer est plus dense que l'aluminium. Leurs densités respectives sont 7,80 et 2,70. De plus, tu peux bien comprendre pourquoi une pierre s'enfonce plus facilement dans un lac qu'un morceau de bois de même dimension. La densité de ce dernier est d'environ 0,60 par rapport à 2,50 pour une pierre.

## *La densité d'un gaz*

Il en est de même pour les gaz. Certains gaz sont plus denses que d'autres. De façon à bien comprendre cette possibilité, revenons ensemble à certains points des modules précédents.

Le module d'acquisition 3 (les lois des gaz) t'a permis de te familiariser avec les caractéristiques propres et environnantes d'un gaz dans une bonbonne.

Dans la formule pV = nKT, tu as compris que n représentait le nombre de molécules de gaz dans un volume V bien précis.

La formule de la loi des gaz peut t'aider à apporter une conclusion importante relativement à cette valeur de n. Considère l'exemple suivant où une bonbonne est d'abord remplie d'hydrogène ($H_2$) de façon à atteindre une pression p et une température T. Dans un second temps, on remplit une autre bonbonne, similaire à la première, avec du gaz carbonique ($CO_2$). On procède de façon à atteindre une pression p et une température T identiques aux valeurs enregistrées dans la première bonbonne.

Tout en te rappelant les éléments qui forment la loi des gaz, observe attentivement la figure 20. Que peux-tu conclure sur la valeur de n dans les deux bonbonnes?

***Figure 20 : Comparaison de la valeur de n.***

**Le nombre de molécules - n - est le même dans les deux cas**. Voilà ce qu'il fallait conclure!

### *La masse d'un gaz*

Comment maintenant découvrir le gaz qui, dans notre exemple précédent, est le plus lourd? Lequel est le plus dense? Par définition, la masse d'un gaz est la masse d'une molécule multipliée par le nombre - n - de molécules.

**masse (gaz) = masse (molécule) × n**

**La masse d'un gaz est égale à la masse d'une molécule multipliée par le nombre de molécules.**

Un module précédent du cahier 1 t'a permis de comparer la masse atomique de plusieurs éléments. Voici maintenant l'occasion d'utiliser ces connaissances dans le but de comparer la densité des divers gaz.

Le tableau 1 du module d'acquisition 1 (cahier 1) contient les informations suivantes. La masse de l'hydrogène (H) est 1,01, celle du carbone (C) est 12,01 et, enfin, celle de l'oxygène (O) est de 16,00.

Calculons ensemble la masse d'une molécule d'hydrogène contenue dans notre première bonbonne. Rappelle-toi que la masse donnée dans le tableau du cahier 1 se rapporte aux atomes. La valeur 1,01 est la masse d'un atome d'hydrogène. Comme une molécule d'hydrogène s'exprime par le symbole $H_2$, elle contient donc deux atomes d'hydrogène.

$$\text{(masse d'une molécule d'hydrogène)} = 2 \times 1{,}01 = 2{,}02$$

Faisons de même pour le gaz carbonique qui est contenu dans la deuxième bonbonne de notre exemple ($CO_2$).

$$\text{(masse d'une molécule de gaz carbonique)} = (1 \times 12{,}01) + (2 \times 16{,}00) = 44{,}01$$

***Figure 21 : Comparaison des masses moléculaires de $H_2$ et de $CO_2$.***

Regarde les deux valeurs de masses obtenues. Que peux-tu conclure ? **Le $CO_2$ est 22 fois plus lourd que l'hydrogène**. Rappelle-toi que le nombre de molécules dans les deux bonbonnes était le même. Ceci est important. La réponse ne serait pas la même si d'autres conditions avaient été assignées dans notre exemple en ce qui a trait aux valeurs de p, V, n et T.

### *La masse moyenne d'une molécule d'air*

Calcule maintenant la masse moyenne d'une molécule d'air. Tu verras que la comparaison des valeurs calculées peut t'aider à comprendre plusieurs phénomènes bien connus. De façon à faire ce calcul, souviens-toi d'abord que l'air ambiant est formé surtout d'azote (environ 80 % de $N_2$) et d'oxygène (environ 20 % de $O_2$).

$$\begin{pmatrix}\text{masse moyenne d'une}\\ \text{molécule d'air}\end{pmatrix} = \frac{80}{100} \times (2 \times 14{,}00) + \frac{20}{100} \times (2 \times 16{,}00) = 28{,}80$$

*Lequel se dirige vers le fond ?*

Maintenant que tu as calculé trois valeurs de masses de molécules, nous te suggérons de les comparer en tenant compte de l'expérience suivante.

Imagine avoir la possibilité de transférer ces gaz (contenus dans les deux bonbonnes de l'exemple précédent) dans un nouveau contenant. Tu aurais alors une valeur « x » de molécules d'hydrogène mélangées avec le même nombre de molécules de gaz carbonique. Selon toi, quel gaz aurait tendance à se tenir au fond du contenant? Bien entendu, ce serait le **gaz carbonique**. La masse moléculaire de ce dernier est de 44,01 par rapport à la masse moléculaire de l'hydrogène qui est de 2,02.

Comparons ces données à celle de l'air dans des applications bien concrètes. Tu sais ce qu'est un ballon dirigeable. Celui-ci peut s'élever très haut dans les airs grâce à un principe que tu peux maintenant découvrir. Compare la masse de l'hydrogène à celle de l'air. Tu constates que l'air est 14 fois plus lourd que l'hydrogène. Ce dernier gaz aura donc tendance, lorsqu'il sera mis en présence de l'air, à s'élever au-dessus de lui. L'air, de son côté, aura tendance à glisser sous l'hydrogène. C'est ce phénomène qui permet au dirigeable de s'élever.

Ce phénomène se compare tout à fait à ce qui se produit si tu essaies de tenir un morceau de bois au fond de l'eau. Dès que tu le laisses aller, le morceau de bois monte sur l'eau, car il est moins dense.

*La prévention des asphyxies*

Voici maintenant une application proche du soudeur. Compare la masse d'une molécule de $CO_2$ à la masse d'une molécule d'air. Considère également l'anecdote suivante.

Un soudeur venait d'apprendre que le résultat final d'une combustion (comme celle ayant lieu dans le soudage oxyacétylénique) donne 2 molécules de gaz carbonique et une molécule d'eau (vapeur). Il devait par la suite exercer ses talents dans le fond d'une chaudière gigantesque. Son instructeur lui demanda s'il y avait danger et, si oui, de le prouver. Le soudeur répondit oui et appuya son affirmation avec le calcul suivant.

(masse de 2 molécules de gaz carbonique ($CO_2$)) = $2 \times [(1 \times 12) + (2 \times 16)] = 88$

(masse de 1 molécule d'eau ($H_2O$)) = $(2 \times 1) + (1 \times 16) = 18$

masse totale des 3 molécules = 106

masse moyenne d'une molécule = $106 \div 3 = 35$

La masse moyenne des molécules résultant de la combustion était de 35. Notre soudeur savait bien que la masse d'une molécule d'air était de 28. Le danger était effectivement présent puisque l'air pur allait avoir tendance à s'élever par rapport aux produits de la combustion. La respiration serait donc devenue

difficile après un certain temps dans le fond de la chaudière! Ceci n'est qu'une anecdote parmi tant d'autres qui fait ressortir l'importance de la sécurité et également l'importance de bien comprendre ce qui se produit autour de toi.

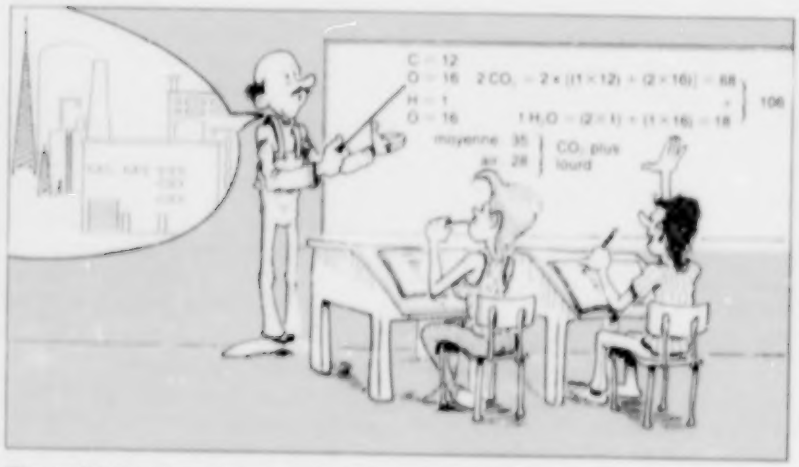



***Figure 22: On ne peut pas souder dans n'importe quelle des conditions!***

SAVAIS-TU QUE...

AUCUNE PARTIE DES VÊTEMENTS NE DOIT ÊTRE MACULÉE D'HUILE OU DE GRAISSE QUI PEUVENT S'ENFLAMMER AU CONTACT D'OXYGÈNE SOUS PRESSION. LE SOUDEUR NE DOIT JAMAIS UTILISER UN JET D'OXYGÈNE POUR NETTOYER SES VÊTEMENTS.

# LES DÉTENDEURS

Dans le but de bien comprendre l'utilité et le fonctionnement d'un détendeur, nous te proposons un cheminement en trois étapes. Nous partons d'un montage simple qui peut rejoindre ce qui a été expliqué auparavant et nous nous rendrons au système tel qu'il est installé sur les bonbonnes de gaz.

*La mesure de la pression*

Comment fait-on pour mesurer la pression? En général, on y parvient à l'aide d'un instrument appelé « jauge à pression ». En soudage, l'appareil utilisé se nomme manomètre; il fait partie de chaque détendeur installé sur les bonbonnes de gaz. Comment un tel instrument peut-il indiquer la pression à l'intérieur de la bonbonne de gaz?

En fait, le principe est simple. Lorsque les particules entrent en collision avec les parois, elles produisent une certaine force sur cette paroi; on l'a déjà dit. C'est la **pression**. Si la paroi était extensible (comme celle d'un ballon ou d'un pneu), cette pression agirait sur la paroi pour la faire déplacer. Donc, si à un endroit précis de la bonbonne, on laissait un orifice pour y placer un élément mobile, celui-ci pourrait se déplacer sous l'effet de la pression des particules du gaz. Examine le schéma suivant.

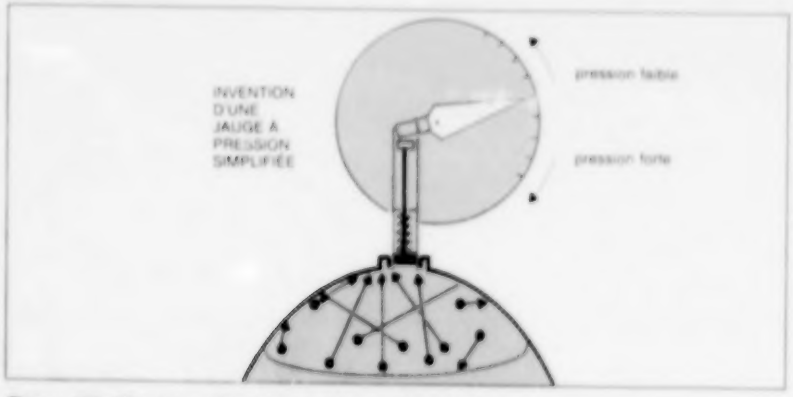



***Figure 23: Montage d'une jauge à pression simple.***

Dans un premier temps, suppose que la pression dans la bonbonne est faible et donc qu'il y a peu d'activité. Les particules se déplacent plus lentement, les chocs entre elles et sur les parois sont moins violents. Ainsi, le petit piston ne pousse pas très fort sur le ressort et l'aiguille ne pivote pas beaucoup.

Dans un deuxième temps, imagine que la quantité de gaz dans la bonbonne est grande. Le petit piston effectue cette fois-ci une plus forte poussée sur le ressort et l'aiguille pivote beaucoup plus.

Est-ce que tu vois un peu mieux comment la pression peut être indiquée sur le manomètre de ton détendeur? Il est certain qu'un manomètre est bâti de façon différente, mais le schéma de la figure 23 a été présenté dans le but de te faire visualiser un peu mieux et de façon simple le fonctionnement de cet élément.

*Une véritable jauge à pression*

Une jauge à pression (ou manomètre) est utilisée dans de nombreuses applications. Elle peut servir à indiquer la pression dans une bouilloire industrielle, dans un réservoir d'huile, dans un quelconque réservoir de gaz.

Une véritable jauge à pression ne fonctionne pas avec un petit piston comme celui en place dans le montage de la page précédente. Le danger des fuites de gaz serait trop élevé. Une jauge à pression fonctionne selon le principe de la jauge de Bourdon. Nous te présentons un tel montage dans la figure ci-contre.

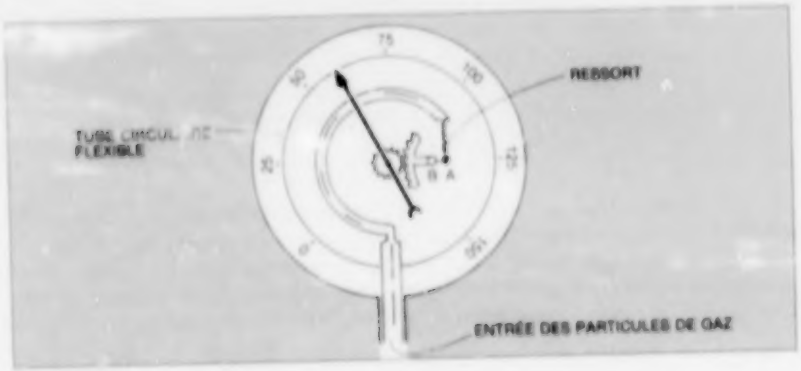



***Figure 24 : Jauge de Bourdon.***

Étudions ensemble le mécanisme interne de la jauge de Bourdon. La pression des particules de gaz qui pénètrent dans le tube circulaire a pour effet de dérouler ce tube. Il tend à prendre un diamètre plus élevé. Le tube agit donc sur le point A en tirant sur celui-ci. La tige dentée avec un pivot au point B se met alors en mouvement. Elle agit sur un engrenage auquel est fixée l'aiguille. Cette dernière indique finalement une valeur bien précise, la valeur de la pression exercée dans le tube.

Exerce-toi à vérifier si tu comprends bien le fonctionnement de la jauge de Bourdon en suivant les différentes étapes de mouvement du mécanisme.

***La conception d'un détendeur***

Tu auras peut-être deviné qu'on ne peut pas utiliser les gaz de soudage à la pression directe des cylindres. La différence entre la pression dans le cylindre lors de la livraison et la pression devant être utilisée au niveau du chalumeau est énorme. Les pressions internes des cylindres sont de l'ordre de

1723 kPa ou 250 lbs/po² (acétylène) et 15266 kPa ou 2215 lbs/po² (oxygène) tandis qu'une opération de soudage peut nécessiter des pressions au chalumeau de l'ordre de 12 kPa à 70 kPa ou 1,8 à 10 lbs/po² (acétylène) et de 30 kPa à 240 kPa ou 4,3 à 35 lbs/po² (oxygène).

C'est là qu'intervient le détendeur qui réduit les valeurs de pression en jeu. En réalité, le détendeur doit remplir une double fonction. Le terme manodétendeur, qu'on utilisait anciennement pour identifier le détendeur, est d'ailleurs dérivé de deux mots, soit manomètre et détendeur. Il doit tout d'abord réduire la pression à un niveau acceptable pour une opération de soudage (détendeur). Il doit également indiquer précisément les valeurs de pression à l'intérieur de la bonbonne et à la sortie du chalumeau (manomètre).

De plus, la première fonction du détendeur peut à nouveau se diviser en deux, puisque la diminution de pression doit respecter deux critères. Elle doit tout d'abord s'effectuer jusqu'à la **valeur désirée** et ensuite être **maintenue à cette valeur**, quelle que soit la pression à l'intérieur de la bonbonne (quantité de gaz).

**Un manomètre sert à indiquer la valeur de pression existant à un niveau précis de l'équipement de soudage.**

**Un détendeur sert à diminuer et à régulariser la valeur de pression existant à la sortie d'une bonbonne de gaz.**

De plus, c'est une manipulation adéquate des détendeurs et des valves qui permettra au soudeur d'ajuster la flamme au niveau requis pour l'exécution d'une soudure de qualité. Les pressions de sortie d'acétylène et d'oxygène ainsi que leur pourcentage respectif permettront l'établissement d'une flamme d'un type bien précis. Le cahier 3 développe toute la matière relative aux flammes.

Ton équipement de soudage oxyacétylénique comporte deux détendeurs pourvus chacun de deux manomètres. Un premier détendeur sert pour l'acétylène; il comporte un manomètre qui indique la pression dans le cylindre et un autre, la pression dans le chalumeau. Il en est de même pour l'oxygène.

Il existe plusieurs types de détendeurs. Cependant, un modèle très populaire est schématisé en coupe dans la figure 25.

**Les manomètres des détendeurs anciennement calibrés en livres par pouce carré (lb/po² ou psi) sont aujourd'hui calibrés en kilopascals (kPa).**

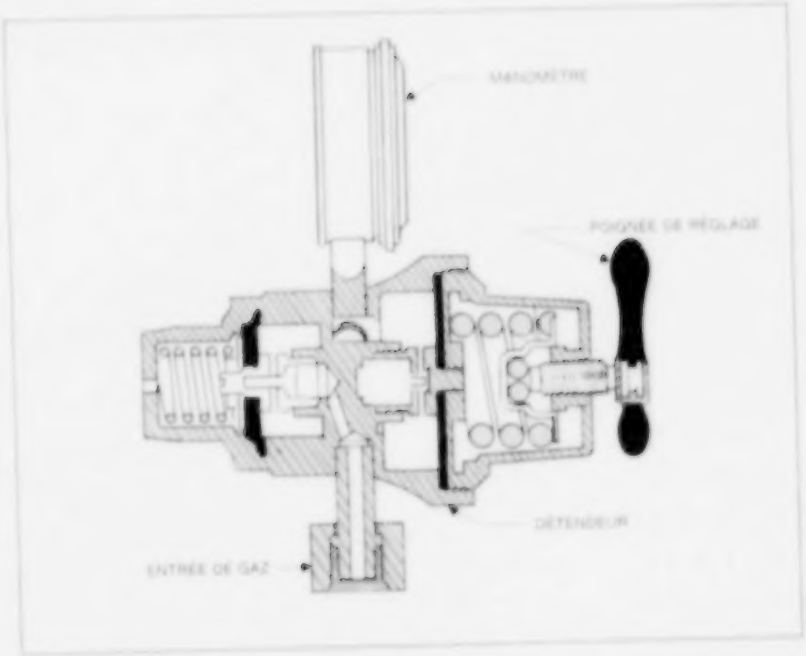



***Figure 25 : Coupe d'un manodétendeur usuel.***

Tu remarques que cette figure présente un schéma assez complexe. Tu dois te rappeler que les divers éléments structurant ce manodétendeur doivent répondre à plusieurs fonctions très importantes, dont celle d'éviter les accidents. Une des tâches du soudeur est d'entretenir adéquatement cette partie de son poste de soudage. Il doit effectuer régulièrement des vérifications de fuite dans les divers raccords de l'assemblage.

## SAVAIS-TU QUE...

IL EXISTE DEUX TYPES DE DÉTENDEURS, SOIT LE DÉTENDEUR À STAGE SIMPLE ET CELUI À STAGE DOUBLE. LA RÉGULATION DE LA PRESSION S'EXÉCUTE DANS UNE SEULE CHAMBRE DE DÉTENTE EN CE QUI CONCERNE LE DÉTENDEUR À STAGE SIMPLE. DANS LE DEUXIÈME CAS, LA PRESSION DE LA BONBONNE SE RÉDUIT EN DEUX OPÉRATIONS DANS DEUX CHAMBRES SUCCESSIVES. CES DERNIERS DÉTENDEURS SONT PLUS ROBUSTES, PRÉCIS ET COÛTEUX.

## *FICHE DE SYNTHÈSE*

*Propriétés d'un gaz*

Un gaz est formé de millions de particules appelées atomes. Ceux-ci sont extrêmement petits, de sorte qu'on ne peut les voir à l'oeil nu. Un gaz présente deux caractéristiques importantes. Premièrement, il occupe tout l'espace disponible et deuxièmement, il exerce une pression sur les parois du contenant.

*Différence force-pression*

Le concept de force ne repose que sur le poids mis en opération. La pression dépend du poids et de la surface éprouvée. En fait, la pression correspond au rapport F/A, c'est-à-dire à la force divisée par l'aire de la surface.

*La loi des gaz*

La loi des gaz s'énonce comme suit. La pression existant dans une bonbonne de gaz multipliée par le volume occupé est toujours proportionnelle à la quantité de gaz multipliée par la température existant à l'intérieur de la bonbonne. Mathématiquement, cette loi s'écrit $pV = nKT$.

Trois grandes conclusions peuvent être tirées de cette loi :

a) Une augmentation du volume d'un contenant de gaz entraîne une diminution de la pression imposée par les particules de ce gaz.
b) Une augmentation de la quantité de gaz dans un contenant entraîne une augmentation de pression dans ce contenant.
c) Une augmentation de la température d'un contenant entraîne l'augmentation de la pression du gaz qui y est contenu.

*La densité d'un gaz*

Le concept de densité est basé sur la comparaison de la masse d'un certain volume d'un corps homogène avec la masse du même volume d'un corps mieux connu comme l'eau.

*La masse d'un gaz*

La masse d'un gaz est égale à la masse d'une molécule multipliée par le nombre de molécules. La masse d'une molécule est déterminée à l'aide du tableau périodique dans la colonne de la masse atomique.

*Les détendeurs*

Un détendeur installé sur un équipement de soudage oxyacétylénique remplit deux fonctions. Il doit d'abord indiquer la valeur de pression existant à un niveau précis de l'équipement de soudage. Il doit ensuite diminuer et régulariser la valeur de pression existant à la sortie d'une bonbonne de gaz.

## *FICHE D'ÉVALUATION*

1 - Un gaz présente deux caractéristiques importantes. La première est qu'il occupe tout l'espace disponible. Quelle est la deuxième?
   a) Il est toujours incolore, inodore et invisible.
   b) Il est composé d'atomes différents de ceux des liquides ou des solides.
   c) Il exerce toujours une pression sur les parois du contenant dans lequel il est enfermé.

2 - Pourquoi un homme chaussé de raquettes s'enfonce-t-il moins dans la neige qu'un autre homme chaussé de bottes?
   a) Parce que les raquettes sont plus légères que les bottes.
   b) Parce que les raquettes ont une surface de contact plus grande.
   c) Parce que les raquettes glissent mieux sur la neige.

3 - Quelle est la différence entre le concept de force et celui de pression?
   a) La pression ne tient pas compte du poids imposé par la force.
   b) La pression dépend du poids imposé et de la surface de contact.
   c) La pression est le rapport de la surface sur le poids éprouvant cette surface.

4 - La loi des gaz exprime une relation mathématique entre les concepts de pression, de volume, de quantité de gaz et de température. Comment s'écrit-elle?
   a) $p/V = K/T$
   b) $pV = qT$
   c) $pV = nKT$

5 - Le gaz carbonique a une densité plus élevée que celle de l'oxygène. Cela signifie que le premier gaz...
   a) s'élève au-dessus du deuxième.
   b) se mélange au deuxième gaz.
   c) s'enfonce dans le deuxième.

6 - Pourquoi un ballon dirigeable peut-il s'élever dans les airs?
   a) Parce que le brûleur exerce une poussée vers le haut.
   b) Parce que le gaz contenu dans le ballon est plus léger que l'air.
   c) Parce que l'effet du vent s'exerce du bas vers le haut.

7 - Parmi les choix suivants, lequel représente une unité de mesure de la pression?
   a) $N/m^2$
   b) $N/m^3$
   c) $Pa/m^3$

8 - Nous avons à notre disposition une bonbonne d'hydrogène et une bonbonne de gaz carbonique. Les manomètres de ces deux bonbonnes indiquent la même pression. Qu'est-ce que cela implique?
a) Le nombre de molécules est le même dans les deux cas.
b) La densité des deux gaz est la même.
c) Le poids des molécules d'hydrogène équivaut au poids des molécules de gaz carbonique.

9 - Une bonbonne d'acétylène présente un certain volume soumis à une température bien précise. Supposons qu'on transfère l'acétylène dans une bonbonne présentant un volume deux fois plus grand soumis à une température deux fois plus élevée. Quel est l'effet de ce changement sur la pression exercée par le gaz dans la bonbonne?
a) La pression demeure la même.
b) La pression diminue de moitié.
c) La pression double.

10 - Lorsque nous sommes sur la Lune, notre poids est six fois moindre que sur la Terre. Qu'en est-il de la pression exercée sur le sol?
a) Elle est la même que sur la Terre.
b) Elle est six fois plus importante que sur la Terre.
c) Elle est six fois moins importante que sur la Terre.

# LES GAZ DE SUPPORT

Tu as sûrement déjà entendu parler des procédés de soudage TIG et MIG. Tu t'en es peut-être même déjà servi. Le TIG et le MIG ne sont pas des techniques de soudage au gaz comme celle que nous avons étudiée jusqu'à maintenant, soit le soudage oxyacétylénique. Ce sont des techniques qui se basent sur un procédé de soudage à l'arc, tel celui que tu peux étudier dans la série « Phénomènes électriques en soudage ». Ces procédés sont de plus en plus utilisés dans l'industrie, et il vaut la peine de s'y attarder un peu. La différence majeure entre ces techniques et le soudage à l'arc classique est l'utilisation de gaz de support, ou gaz inertes, qui protègent la soudure contre les attaques de l'atmosphère. Examinons un peu ces gaz pour voir ce qui leur permet d'aider à réaliser de meilleures soudures.

*Les gaz de protection*

Les gaz de protection les plus souvent utilisés sont l'**argon** et l'**hélium**. Ces gaz sont appelés gaz inertes, car ils ne réagissent pas avec d'autres substances lors de réactions chimiques. On retrouve ces gaz à l'extrême droite du tableau périodique des éléments, tableau que tu peux consulter au module de prolongement 1 du cahier 1. Le néon, le xénon et le krypton, qui sont également des gaz inertes, ne sont pas utilisés en soudage, car ils sont plutôt rares et il coûte cher de les obtenir en grandes quantités.

Du côté des gaz réactifs, seulement l'hydrogène et l'azote trouvent quelques applications. L'hydrogène est additionné à l'argon (en petites quantités) pour la soudure mécanisée des aciers inoxydables. L'azote est, quant à lui, quelque fois additionné à l'argon pour joindre le cuivre et les alliages de cuivre.

Mais pourquoi nomme-t-on les gaz inertes « gaz de protection » ? Comme nous l'avons dit un peu plus tôt, les gaz inertes ne se combinent pas avec d'autres éléments pour faire une réaction chimique. Donc, un tel gaz qui recouvrirait le bain de fusion empêcherait l'air d'attaquer le métal et de l'oxyder.

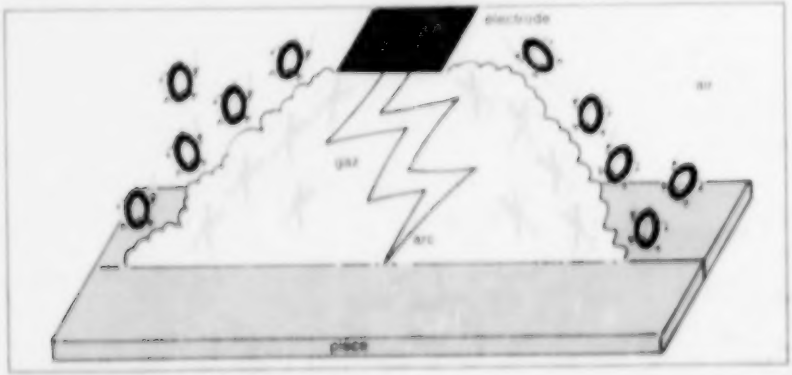



***Figure 26 : Création d'un dôme protecteur.***

*Peindre sous la pluie!*

Cette situation pourrait se comparer un peu à celle dans laquelle un peintre devrait effectuer son travail sous la pluie. Tu imagines facilement que la peinture réalisée dans ces conditions risquerait d'être de qualité inférieure à ce que le peintre obtiendrait s'il travaillait à l'intérieur.

Mais comme le peintre est astucieux, il a trouvé une manière de contourner le problème posé par la pluie. Sa solution est schématisée dans la figure 27.

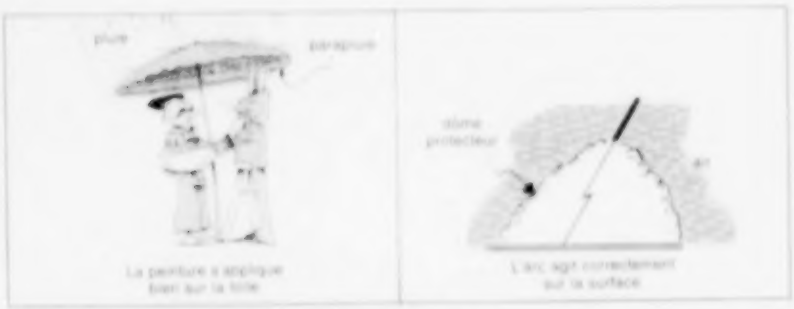



***Figure 27 : Une façon de travailler sous la pluie.***

Il s'est tout simplement servi d'un immense parapluie! Le parapluie agit comme une espèce de barrière; il empêche la pluie d'affecter la qualité de la peinture. Reprenons les éléments de la comparaison.

| | |
|---|---|
| Le travailleur qui oeuvre sous la pluie produit une peinture de qualité inférieure. | La soudure effectuée au contact de l'air est de qualité inférieure. |
| Pour se protéger, le travailleur utilise un parapluie. Ce dernier fait écran à la pluie, ce qui donne une peinture de grande qualité. | Pour protéger la soudure, on utilise un gaz inerte autour du bain de fusion. Le gaz fait écran à l'air, ce qui donne une soudure de plus grande qualité. |

Tu sais maintenant de quelle manière fonctionne un gaz de protection. Détaillons maintenant ce qui caractérise les différents gaz énumérés précédemment.

*Un premier gaz, l'argon*

L'argon, dont le symbole est Ar, est le plus utilisé des gaz de protection. On le préfère à l'hélium pour les raisons suivantes.

1) L'arc est plus doux, moins bruyant.
2) La tension d'arc est moins élevée pour toutes les valeurs d'intensité de courant et de longueur d'arc.

3) Il produit une meilleure action nettoyante.
4) Il coûte moins cher et est disponible en plus grandes quantités.
5) La quantité requise pour offrir la même protection est inférieure.
6) Il est moins sensible aux bris.
7) L'amorçage d'arc est plus aisé.

Le point 2 est particulièrement important dans le cas du soudage manuel de tôles minces. En effet, une tension trop élevée aurait tendance à percer celles-ci.

### *Un deuxième gaz de protection, l'hélium*

L'hélium, de symbole He, est le plus léger des gaz inertes. Comme il est presque aussi léger que l'hydrogène, il a remplacé ce dernier dans les ballons dirigeables. Étant inerte, l'hélium ne peut exploser comme le fait l'hydrogène. Ceci en fait un gaz plus sécuritaire.

Parce qu'il possède une grande conductivité thermique, l'hélium nécessite une plus grande tension d'arc. Sais-tu ce qu'est la conduction thermique? C'est la facilité avec laquelle la chaleur se propage dans une substance. Dans le cas de l'hélium, cette haute conduction signifie qu'une partie de la chaleur se dissipe dans le gaz. Il faut donc plus de chaleur pour élever le métal de base à une température donnée. Tu considères probablement cette haute conductivité comme un défaut. Cela est peut-être vrai, mais il y a aussi un avantage à cette situation.

Comme la puissance de l'arc est augmentée, cela lui permet de souder des métaux possédant une haute conductivité thermique. Cela permet également de souder automatiquement à haute vitesse. Voilà pourquoi l'hélium est utilisé de préférence à l'argon pour le soudage de plaques épaisses.

### *Caractéristiques de l'argon et de l'hélium*

Le facteur principal régissant l'efficacité de la protection est la densité des gaz. L'argon est approximativement 33 % plus lourd que l'hélium. L'argon forme donc une couverture au-dessus de la zone de soudage. L'hélium, par contre, a tendance à s'élever, en raison de sa légèreté. Ceci signifie qu'il faut en moyenne deux à trois fois plus d'hélium que d'argon pour offrir la même protection.

Nous t'avons parlé de la courbe volt-ampère au module de complément du cahier 4 de la série des phénomènes électriques. Nous le présentons, à la figure 28, la courbe d'un arc électrique dans l'argon et l'hélium.

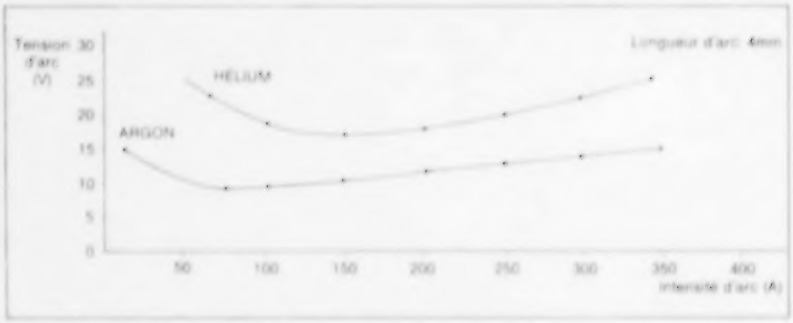



***Figure 28**: Courbe volt-ampère dans l'argon et l'hélium.*

Les deux courbes tracées dans cette figure sont valables pour une longueur d'arc bien précise. Tu peux tirer une conclusion importante de ce schéma en traçant une droite verticale correspondant à une valeur d'intensité de courant particulière. En effet, pour une même intensité, la tension d'arc obtenue avec l'hélium est plus élevée que celle obtenue avec l'argon.

Tu as vu, dans le cahier 2 des phénomènes électriques, que la puissance était le produit de la tension et de l'intensité du courant. La chaleur dégagée par l'arc est approximativement proportionnelle à sa puissance. Cela nous amène à dire que l'utilisation de l'hélium permet d'obtenir plus de chaleur qu'avec l'argon. Comme il a déjà été mentionné, ce surplus de chaleur favorise l'utilisation de l'hélium pour souder des tôles épaisses et celles ayant une grande conductivité thermique ou une température de fusion élevée.

Une autre caractéristique importante est la stabilité de l'arc. Les deux gaz offrent une excellente stabilité avec du courant continu. Avec du courant alternatif, qui est utilisé, par exemple, pour souder de l'aluminium ou du magnésium, l'argon offre une grande stabilité d'arc et une bonne action décapante. Il est donc utilisé, dans ce cas, de préférence à l'hélium.

### *Argon — Hydrogène*

Comme tu l'as vu au début du module, l'hydrogène est un des gaz actifs utilisés comme gaz de protection. Le mélange argon-hydrogène s'emploie dans des cas spéciaux, comme pour souder les tubes minces en acier inoxydable. Dans ces cas, l'utilisation de l'hydrogène empêche la création de défauts indésirables.

L'accroissement de la vitesse de soudage peut être obtenu en augmentant la quantité d'hydrogène mélangée à l'argon. Comme pour l'hélium, cela crée une plus grande tension d'arc. Cependant, la quantité d'hydrogène pouvant être mélangée à l'argon dépend de plusieurs facteurs et ne peut être augmentée indéfiniment. En effet, une présence excessive d'hydrogène peut causer la porosité de la soudure. La proportion la plus commune est un mélange contenant 85 % d'argon et 15 % d'hydrogène.

Finalement, disons que l'utilisation du mélange argon-hydrogène est limitée à l'acier inoxydable, au cuivre-nickel et aux alliages à base de cuivre. L'hydrogène produit des effets indésirables sur la plupart des autres matériaux. Le prochain module de complément traite d'un de ces effets.

*Quel est le meilleur gaz de protection ?*

La réponse à cette question dépend de nombreux facteurs :

- l'épaisseur et le type de tôle à souder ;
- le type de joint désiré ;
- les paramètres de soudage ;
- la vitesse de production ;
- la qualité de soudure recherchée.

Il n'y a donc aucune règle spécifique régissant l'emploi d'un gaz en particulier. De nombreux manuels techniques réalisés par l'industrie proposent des solutions qui peuvent être discutées avec les contremaîtres de production.

## SAVAIS-TU QUE...

L'ARGON N'EST PAS SEULEMENT UTILISÉ COMME GAZ DE PROTECTION EN SOUDAGE. EN MÉTALLURGIE, IL SERT À LA PRODUCTION DES ACIERS DE HAUTE QUALITÉ. IL EST ÉGALEMENT UTILISÉ DANS L'INDUSTRIE DE L'ÉLECTRONIQUE ET EN RECHERCHE MÉDICALE.

L'HÉLIUM EST UN EXCELLENT AGENT DE DÉTECTION DE FUITES DANS LES RÉCIPIENTS À PRESSION ET SOUS VIDE, CAR IL A LA PROPRIÉTÉ DE S'INFILTRER DANS LES ORIFICES LES PLUS MICROSCOPIQUES. CE GAZ EST ÉGALEMENT UTILISÉ DANS LE DOMAINE DE LA FABRICATION MÉTALLURGIQUE, DE L'INDUSTRIE ÉLECTRONIQUE, DE L'EXPLORATION SPATIALE ET DE LA MÉDECINE.

LE GAZ CARBONIQUE OU BIOXYDE DE CARBONE EST UTILISÉ DANS L'INDUSTRIE DES EAUX GAZEUSES, DANS LE REFROIDISSEMENT DES PIÈCES MOULÉES EN CAOUTCHOUC, DANS LES EXTINCTEURS D'INCENDIE ET DANS LE DOMAINE MÉDICAL. DANS CE DERNIER CAS, IL EST EMPLOYÉ COMME STIMULANT RESPIRATOIRE SOUS FORME DE MÉLANGE GAZEUX.

## *MODULE DE COMPLÉMENT 2*

# LA DIFFUSION DES GAZ DANS UN MÉTAL

*La fissuration du métal*

Tu as déjà entendu parler de la fissuration d'un métal, particulièrement dans le cas d'un joint soudé. Un tel résultat provient de l'action d'un gaz environnant qui pénètre dans la pièce. Ce phénomène invisible se produit à un niveau microscopique dans la structure interne du métal.

Mais comment un métal peut-il absorber un gaz? Et comment se fait-il qu'un gaz puisse fissurer du métal? Ce sont deux questions auxquelles nous nous attardons dans ce module, car les réponses à ces questions se rapportent à la notion de pression abordée précédemment.

*L'influence de la chaleur sur une réaction chimique*

Lorsque tu effectues une soudure, tu sais bien que la pièce est très chaude. Cependant, il est important de savoir que celle-ci se comporte d'une façon différente selon le degré de température.

Quand une substance est chaude, elle est chimiquement plus active que lorsqu'elle est froide. Le meilleur moyen de vérifier cette affirmation est d'effectuer la petite expérience suivante.

**Quand on dissout du sel dans un verre d'eau froide, il arrive un moment où l'eau devient saturée, c'est-à-dire qu'elle ne peut plus dissoudre le sel.**

**Cependant, si on fait chauffer l'eau, on s'aperçoit qu'on peut ajouter à nouveau du sel qui se dissout. Nous sommes pourtant en présence du même verre d'eau.**

**Cela signifie que l'eau se sature beaucoup plus lentement quand elle est chaude. En d'autres mots, elle accepte une plus grande quantité de sel à dissoudre.**

*Un niveau d'activité chimique variable!*

Une explication similaire pourrait s'appliquer à un métal. Quand il est froid, il est plutôt inactif. L'inactivité dont nous le parlons touche à sa facilité d'absorber des atomes. Ainsi, au moment où le métal est froid, les gaz pénètrent peu dans sa structure interne. En d'autres mots, le niveau de saturation (par le gaz) d'un métal à froid est très bas. Cela signifie qu'une très faible quantité de gaz réussit à diffuser dans le métal.

Cependant, la situation change quand la température du métal augmente. Comme dans le cas de l'eau salée, le point de saturation (en gaz) du métal s'élève en fonction de cette température. Cela provient du fait que les

atomes d'un métal se combinent plus facilement à d'autres atomes quand le métal est chaud. Il devient plus actif, chimiquement parlant. Ainsi, le métal devrait pouvoir absorber une plus grande quantité de gaz à haute température.

On peut illustrer ce phénomène par la comparaison suivante. Imagine un sac de billes bleues déposé sur le sol et dans lequel on ajoute, sur le dessus, quelques billes rouges. On ferme le sac et on le brasse. Les billes rouges se mélangent aux billes bleues. Elles diffusent dans ces dernières.

En résumé, le sac à l'état de repos ne laisse pas pénétrer les billes ajoutées. Quand le sac est brassé, c'est-à-dire quand il est considéré dans un état plus actif, les billes peuvent diffuser plus facilement. Cette situation est comparable à un gaz étranger qui diffuse plus facilement dans un métal lorsque celui-ci est plus actif, chimiquement parlant, c'est-à-dire plus chaud.

### *La diffusion du gaz*

Tu te demanderas sans doute ce qu'est cette diffusion. Comment l'expliquer de façon plus précise? Souviens-toi d'abord que toute matière est formée d'atomes et que l'assemblage des atomes forme la structure interne d'un matériau. En fait, les atomes d'un métal sont disposés selon un ordre déterminé, comme dans la figure ci-contre.

***Figure 29 : Disposition des atomes dans un métal.***

On note cependant que chaque distance inter-atomique présente un espace vide dans lequel il est possible de se faufiler. Certains gaz présentent des caractéristiques qui favorisent la réalisation d'un tel phénomène.

Ces caractéristiques ont été étudiées dans le cahier 1 traitant de la matière. Premièrement, les atomes d'un gaz sont dans un état d'excitation qui facilite leur cheminement à travers les espaces les plus petits. Ce cheminement se produit de façon désordonnée. Deuxièmement, les atomes de gaz sont généralement plus petits que les atomes d'un métal. Quand ce dernier est chaud, il permet donc aux atomes du gaz de se faufiler dans les mailles de sa structure interne.

Si on prend l'exemple bien précis de l'hydrogène, on apprend que la solubilité de ce gaz dans un métal chaud est très élevée. On peut dissoudre approximativement 50 000 fois plus d'hydrogène dans un métal liquide que dans un métal solide (à la température de la pièce). On considère que la diffusion du gaz est effective lorsque le mélange est accompli de façon homogène sur toute

la grandeur du métal, c'est-à-dire que des atomes de gaz sont disposés un peu partout, de façon égale parmi les atomes du métal. Le nouvel arrangement atomique d'une pièce qui a accepté une certaine dissolution d'hydrogène pourrait ressembler à ce qui suit.

***Figure 30. Disposition des atomes du gaz parmi ceux du métal.***

### *Un surplus d'atomes*

Si tu le veux bien, revenons à notre exemple du sel dans l'eau. Il pourrait nous aider à mieux visualiser les conséquences entraînées par les atomes intrus de la substance dissoute.

Tu as appris que l'eau chaude dissout une plus grande quantité de sel que l'eau froide. Mais peux-tu deviner ce qui se produit quand l'eau commence à refroidir? La réponse est la suivante: L'excédent de sel qui a été ajouté se dépose au fond du verre. C'est un peu la même chose qui se produit dans le cas du métal, mais avec des conséquences un peu plus spectaculaires et plutôt néfastes.

Lorsque le métal est en fusion, il peut dissoudre une grande quantité d'hydrogène. En fait, il va en dissoudre jusqu'à saturation. Cependant, la solution deviendra sursaturée lorsque le métal sera refroidi. En d'autres mots, il y aura trop d'atomes d'hydrogène dans la structure interne du métal.

### *Microfissures et fissures*

Les atomes d'hydrogène en surplus dans le métal cherchent alors à trouver des espaces où ils peuvent s'emboîter. Ils y parviennent grâce aux microfissures. En réalité, ces microfissures ne sont pas néfastes comme peuvent l'être les fissures détectées sur des joints soudés. Elles sont dues à des imperfections de la structure interne d'un métal. Un module du cahier 5 de la série «Phénomènes électriques en soudage» aborde la notion de joint de grain. Nous te conseillons de le lire. Il t'aidera à comprendre ce que nous voulons dire ici.

En quelques mots, les mailles reliant les atomes entre eux peuvent parfois présenter des brisures ou des liens mal complétés. Il y a donc ce qu'on peut appeler des espaces morts qui sont évidemment microscopiques et invisibles à l'oeil nu.

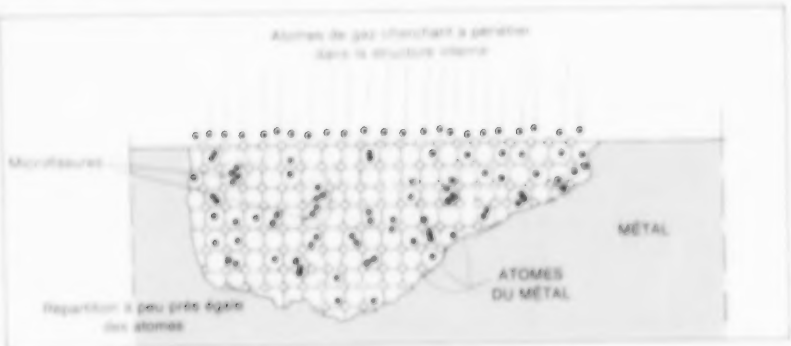



***Figure 31 : Diffusion des atomes d'hydrogène dans un métal.***

Ainsi, les groupes d'atomes d'hydrogène s'entassent dans des microfissures. Cependant, on a vu dans le cahier 1 que les atomes d'hydrogène se combinent naturellement par groupes de deux: ils forment des molécules d'hydrogène.

### *Une pression supplémentaire créée*

Cette accumulation de groupements d'hydrogène (ou molécules d'hydrogène $H_2$) dans les petits espaces que sont les microfissures entraîne des conséquences désastreuses. Les molécules créent des pressions internes tout autour de ces microfissures. Elles cherchent à se faufiler, mais elles ne réussissent qu'à provoquer une seule chose: imposer au métal une pression sur le réseau de mailles de sa structure atomique. La pression peut même, dans certains cas, dépasser les limites de résistance du matériau. La charge de rupture du métal est atteinte. Il y a fissuration localisée sur la pièce.

Pour te donner une idée des valeurs de pression pouvant exister dans le cas précédent (de l'hydrogène dans le métal), voici quelques chiffres. Ils pourront t'aider à prendre conscience de l'ampleur du phénomène de pression interne causée par une poche de gaz dans un métal.

Dans un métal (métal de base ou zone non affectée thermiquement), la transformation de l'hydrogène atomique en hydrogène moléculaire développe une pression de 100 000 atmosphères. C'est comme si tu avais un poids d'environ 13 000 tonnes sur la tête!

Dans un joint soudé (métal de base + métal d'apport ou zone affectée thermiquement), où l'hydrogène est sursaturé, la pression développée peut atteindre 100 000 000 000 (cent mille millions) d'atmosphères. Cela équivaut à un poids de 10 milliards de tonnes sur la tête! Inutile d'en dire plus pour comprendre que ce sont des valeurs de pression assez phénoménales.

### *Absorption de gaz selon les procédés*

La soudure oxyacétylénique contient pratiquement très peu d'hydrogène, soit environ 2 à 3 $cm^3$ par 100 grammes de métal. Par contre, la concentration en hydrogène dans la soudure à l'arc est beaucoup plus importante. Elle

peut atteindre la limite de solubilité du gaz à l'état liquide, soit 26 cm³ par 100 grammes de métal, suivant la nature de l'enrobage utilisé.

### *Types de défauts engendrés*

L'hydrogène est à l'origine de plusieurs phénomènes dont certains conduisent à des défauts comme des microfissures en sous-couche. Il serait aussi la cause de la formation de soufflures dans le métal fondu. Enfin, il est à l'origine de la formation des « fish-eyes ». Ce sujet sera abordé plus à fond dans les cahiers de métallurgie.

### *Autres gaz absorbés par les soudures*

L'oxygène est un gaz qui peut également diffuser dans le métal. Il se comporte cependant de façon différente. En effet, il s'associe avec le fer pour former des oxydes (FeO, $Fe_2O_3$ ou $Fe_3O_4$), puis se dissout dans le fer. En soudage oxyacétylénique, il entraîne la baisse de la température de fusion du métal. En soudage à l'arc, il agit sur les caractéristiques mécaniques, pouvant aller jusqu'à diminuer la résistance et la dureté.

L'azote peut également se dissoudre dans l'acier, mais de façon très négligeable. On a déjà mesuré un taux de 0,02 % avec une soudure effectuée au chalumeau oxyacétylénique. L'influence de ce gaz sur les propriétés mécaniques des assemblages réalisés reste peu considérable. Cette teneur affecte toutefois le durcissement structural de la soudure.

Rappelons en conclusion que la sous-couche du métal influencée par les intrusions de gaz peut parfois accepter une déformation plastique suffisante pour absorber les tensions développées. Si ce n'est pas le cas, il peut y avoir fissuration.

Les notions abordées dans ce module seront reprises dans la série de métallurgie. Les causes de fissuration, les solutions et remèdes, ainsi que les techniques d'inspection feront partie de la matière qui sera alors étudiée. Nous n'avons voulu dans ce module, que faire un lien entre le concept de tension interne et celui de pression, central dans ce cahier de chimie.

SAVAIS-TU QUE...

LA PASCAL EST L'UNITÉ DE PRESSION DANS LE SYSTÈME SI. UN PASCAL (Pa) ÉQUIVAUT À UNE FORCE D'UN NEWTON EXERCÉE SUR UNE SURFACE D'UN MÈTRE CARRÉ

1 Pa = 1N/M

L'AIR AMBIANT EXERCE NORMALEMENT UNE PRESSION DE 101 kPa. COMME PLUSIEURS MANOMÈTRES DE POSTES DE SOUDAGE SONT ENCORE CALIBRÉS EN lb/po². VOICI L'ÉQUIVALENCE QUI TE PERMETTRA DE FAIRE LE TRANSFERT D'UNITÉS.

1 lb/po² = 6,90 kPa

## MODULE D'EXERCICES

1. Afin d'expliquer comment un gaz est structuré, un étudiant propose la comparaison suivante. Il imagine une boîte en verre dans laquelle sont enfermées des mouches. Il précise que les mouches volent dans tous les sens, comparativement aux molécules d'un gaz qui se déplacent au hasard dans une bonbonne. Est-ce que cette comparaison représente bien l'agitation des molécules d'un gaz ?

2. Soit un tube fermé à un bout et tenu verticalement, le bout fermé en bas. Ce tube est à moitié rempli d'eau. L'eau exerce donc une pression sur le bout. Si tu ajoutes de l'eau dans le tube, que devient la pression exercée par l'eau sur le bout ?

3. Un préposé au remplissage de bonbonnes de gaz introduit de l'argon dans une bonbonne vide jusqu'à la limite de sa résistance. Un individu s'amène et prétend qu'on pourrait y ajouter autant d'hydrogène sans danger. Il justifie son affirmation par le fait que les molécules d'hydrogène s'infiltrent à travers les atomes d'argon. Cela ne changerait donc pas la pression. Est-ce qu'il a raison d'affirmer ceci ? Justifie la réponse.

4. On prend un ballon et on le gonfle. Ce ballon est ensuite placé dans un congélateur. Qu'arrive-t-il au ballon selon toi ?
   a) Rien du tout.
   b) Il prend du volume.
   c) Il perd du volume.

5. Soit deux bonbonnes de gaz de même volume mais remplies de gaz différents. Chaque bonbonne est équipée d'un manomètre. La pression lue pour une bonbonne est le double de celle qui est lue pour l'autre. Cela signifie :
   a) que la densité du gaz dans une bonbonne est le double de la densité de l'autre gaz ;
   b) que le nombre de molécules dans une bonbonne est le double du nombre de molécules dans l'autre bonbonne ;
   c) que le nombre de molécules et la densité sont plus élevés dans une bonbonne que dans l'autre.

6. Un objet lourd est emballé dans une boîte dont le fond mesure 2 mètres de longueur par 1 mètre de largeur. Le poids combiné de l'objet et de la boîte est de 200 kg. Des déménageurs déposent cette boîte sur le sol. Les trois déménageurs a, b et c ne s'entendent pas sur la valeur de pression exercée par la boîte sur le sol. Lequel a raison ?
   a) 100 kg/m$^2$
   b) 200 kg/m$^2$
   c) 400 kg/m$^2$

7. Peut-on dire que la distance entre les molécules, dans un gaz, est plus petite s'il s'agit de gaz carbonique ($CO_2$) plutôt que de l'hydrogène ($H_2$)?

8. Donne l'effet produit par les trois situations suivantes sur la valeur de pression dans un contenant.
   a) On double le nombre de molécules.
   b) On double la température du gaz.
   c) On double le volume du contenant.

9. Un professeur tente d'expliquer à des élèves en soudage de quelle façon un gaz plus lourd que l'air peut se concentrer au niveau inférieur d'une pièce et ainsi devenir dangereux pour le soudeur. Il cite la comparaison entre deux liquides, comme l'eau et l'huile, dans un récipient. On mélange les deux liquides par agitation. Le récipient est ensuite déposé sur une table. Après quelques temps, on constate que les deux liquides se sont séparés. L'huile se retrouve au-dessus de l'eau. Selon toi, est-ce que cette comparaison convient pour expliquer le phénomène en question ici? Explique ton affirmation.

## SOLUTIONS DES EXERCICES

1. Dans l'analogie des superballes présentée au module d'acquisition 2, le mouvement s'effectue très rapidement dans tout l'espace de la pièce fermée. Cependant, les superballes se déplacent en ligne droite tant qu'elles ne frappent pas une autre superballe ou un mur de la pièce. Les mouches peuvent dévier de leur trajectoire sans frapper quoi que ce soit. On peut donc affirmer que la comparaison n'est pas tout à fait adaptée à la situation.

2. La pression correspond à la poussée exercée par un poids sur une certaine surface. Dans ce cas, comme le poids de la colonne d'eau augmente sur une même surface (le bout du tube), la pression est donc augmentée d'un même facteur.

3. L'individu a tort d'affirmer une telle chose. La pression étant maximale, il n'y a donc plus possibilité d'insérer quelque autre gaz. En réalité, l'insertion d'une même quantité d'un nouveau gaz doublerait la pression.

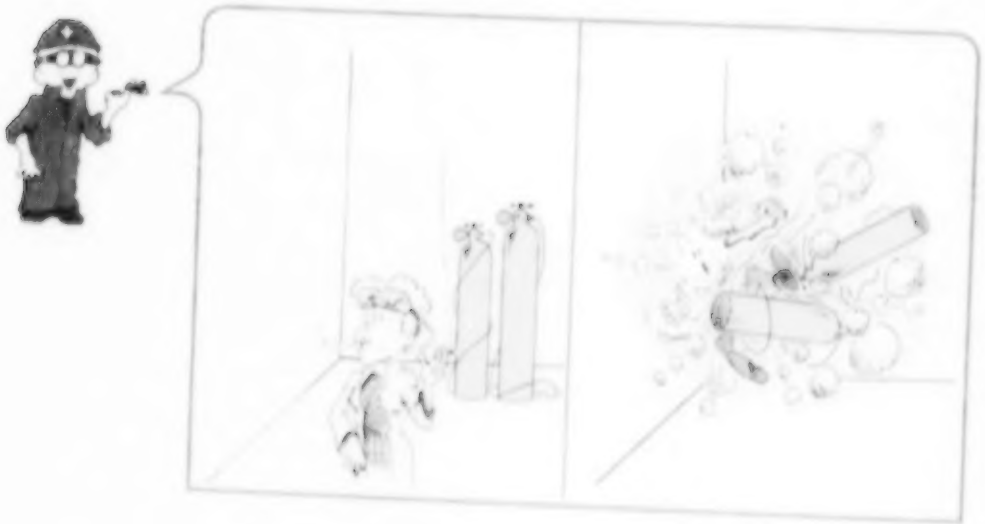
4. [c]

5. [b]

6. [a]

7. Non, car pour un volume donné à des pressions et températures égales, le nombre de molécules est le même, que ce soit de l'hydrogène ou du gaz carbonique.

8. i) La pression double.
   ii) La pression double.
   iii) La pression diminue de moitié.

9. Considère un récipient rempli d'air dans lequel on introduit du gaz carbonique ($CO_2$). Si le gaz est introduit directement au fond du récipient, il y aura une certaine concentration de ce gaz à cet endroit bien précis. D'autre part, si l'on ferme le récipient après l'insertion par le fond, l'air et le gaz carbonique se mélangent progressivement.

   Cette situation présente donc beaucoup de différences avec le système eau-huile. Les deux liquides, après agitation du récipient, se séparent d'eux-mêmes. Les gaz, au contraire, se mélangent d'une façon naturelle. **La séparation des deux gaz a une durée limitée**. La comparaison comporte donc des imperfections et peut induire une conception inexacte de la réalité. L'utilisation de deux liquides miscibles, tels l'eau et l'alcool, rendrait la comparaison valide.